

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Gabriel Žilić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: Tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD

**UTJECAJ ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA NA
REFLEKSIJE OTISAKA PROCESNIH BOJA NA
PAPIRIMA S KONOPLJOM**

Mentor:

doc. dr. sc. Ivana Plazonić

Student:

Gabriel Žilić

Zagreb, 2020.

SAŽETAK

Industrijski uzgojena konoplja (*Cannabis sativa L.*) je biljka koja je prvenstveno zbog izuzetne čvrstoće vlakana od davnina prepoznata kao važna sirovina za mnoge industrije uključujući i papirnu industriju. Važna je i činjenica kako je ovoj biljci potrebna samo jedna sezona da papirnu industriju opskrbi sirovinom za celulozna vlakna, dok je šumi kao glavnom izvoru sirovine za papirnu industriju potrebno preko deset godina. Papir kao tiskovna podloga, neovisno o vrsti celuloznih vlaknaca u svojoj građi, od trenutka proizvodnje izložen je procesu prirodnog starenja. Sukladno tome i otisci dobiveni otiskivanjem papira također su izloženi brojnim faktorima koji narušavaju kvalitetu otiska odnosno njegovog obojenja kroz vrijeme. Stoga je vrlo važan odabir adekvatne tiskovne podloge za otiskivanja određenom tehnikom tiska. Cilj ovog istraživanja je utvrditi promjene površinskih svojstava uzoraka nakon ubrzanog starenja mjerenjem spektra u vidljivom dijelu elektromagnetskog zračenja u refleksiji te njihovom usporedbom sa spektrima refleksije nestarenih uzoraka. U tu svrhu kao tiskovne podloge korištene su tri vrste papira s različitim udjelom vlakanca konoplje (nebijeljeni i bijeljeni ručno rađeni papiri sa 100%-tnim udjelom te jedan industrijski rađeni papir sa 25%-tnim udjelom). Otiskivanje u punom tonu načinjeno je cijan, magentom, žutom i crnom fleksografskom bojom. Otisci kao i tiskovne podloge podvrgnuti su tretmanu ubrzanog starenja kroz dva ciklusa od 48 h u uređaju SunTEST XLS+ koji emitira elektromagnetsko zračenje intenziteta $765 \pm 50 \text{ W/m}^2$ u intervalu od 290 nm do 800 nm, a njihova stabilnost definirana je na temelju spektara refleksije za svaki vremenski period starenja.

KLJUČNE RIJEČI: konoplja, uredski papir, fleksografske boje, ubrzano starenje, spektralna refleksija

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Izbor teme završnog rada.....	1
1.2. Cilj i zadaci završnog rada.....	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Papir	2
2.2. Konoplja kao izvor prirodnih vlakana	3
2.2.1. Povijest konoplje.....	4
2.2.2. Uzgoj i uporaba konoplje.....	5
2.2.3. Karakteristike vlakanca konoplje	7
2.3. Starenje papira	8
2.3.1. Ubrzano starenje	9
2.4. Fleksotisak	9
2.4.1. Fleksografske boje.....	11
3. EKSPERIMENTALNI DIO	12
3.1. Metode i plan ispitivanja	12
3.2. Materijali	13
3.2.1. Uzorak HN	13
3.2.2. Uzorak HB.....	14
3.2.3. Uzorak 25HI.....	15
3.3. Korišteni uređaji	15
3.3.1. SunTEST XLS+ uređaj za ubrzano starenje.....	15
3.3.2. Esiproof uređaj.....	16
3.3.3. Spektrofotometar	17
4. REZULTATI I RASPRAVA	18
4.1. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija tiskovnih podloga	18
4.2. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija cijan otisaka	20
4.3. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija magenta otisaka.....	22
4.4. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija žutih otisaka	24
4.5. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija crnih otisaka	26
4.6. Razlike spektralnih refleksija nestarenih i starenih uzoraka	28

5. ZAKLJUČAK	31
6. LITERATURA.....	32
7. PRILOZI	34

1. UVOD

1.1. Izbor teme završnog rada

Konoplja kao jednogodišnja biljka korištena je još od davnina u različite svrhe zbog njenih dobrih svojstava. I danas se koristi za proizvodnju užadi, odjeće, namještaja i mnogih drugih predmeta, te papira. Drvo kao osnovna sirovina za proizvodnju papira koristi se već dugi niz godina, čime se dovelo do pretjerane eksploatacije šuma diljem svijeta. Ovaj problem je prepoznat u mnogim zemljama koje su uložile napore na razvoju ekološke svijesti građana kroz informiranje o važnosti odvajanja otpada, prikupljanja papira i njegovog recikliranja u svrhu očuvanja šuma kao glavnog izvora kisika planeta Zemlje te zaštite ekosustava. Međutim, stari papir ne može u potpunosti zamijeniti drvo kao sirovinu za celulozna vlakanca te je papirna industrija primorana koristiti i druge alternativne izvore prirodnih vlakanca poput konoplje.

1.2. Cilj i zadaci završnog rada

Cilj ovog istraživanja je ispitati utjecaj vlakanca konoplje u tiskovnoj podlozi na kvalitetu otiska kroz vrijeme. U tu svrhu provedeno je ubrzano starenje prema standardu ASTM D 6789-02 kako bi se mjerenjem refleksija u vidljivom dijelu elektromagnetskog zračenja utvrdile promjene površinskih svojstava otisaka i tiskovnih podloga korištenih za otiskivanje.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Papir

Papir (lat. *papyrus*, *papyrus*) je proizvod dobiven iz vodene suspenzije biljnih vlakana na stroju s finim sitom, koji omogućuje njihovo međusobno preplitanje i oblikovanje u tanak list. Papir se od davnina pokazao kao odlična podloga za pisanje, te je do današnjice ostao jedan od važnijih proizvoda čovječanstva. Sastoji se primarno od biljnih celuloznih vlakana, dok se vlakna sintetskog ili mineralnog porijekla puno rjeđe upotrebljavaju.

Celuloza je glavni sastojak stijenki biljnih stanica što je čini najrasprostranjenijim prirodnim polimerom. U prirodi nastaje procesom fotosinteze te čini skoro polovinu tvari od kojih su građene stijenke stanica u drveću i jednogodišnjim biljkama. Linearnu strukturu ovog polisaharida molekulske formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ čini niz β -D-glukopiranoznih jedinica međusobno povezanih β -(1,4)-glikozidnom vezom [1]. Pretežno se pojavljuje u obliku vlakana čiju strukturu uvjetuju fibrili odnosno skupine celuloznih lanaca te su kao takva tvorevina netopljiva u većini otapala. Za proizvodnju papira upotrebljava se takozvana tehnička celuloza, koja osim čiste celuloze sadrži veći ili manji udio lignina i hemiceluloze te male količine smole, voska i mineralnih tvari. S obzirom da celulozna vlakna ne mogu samostalno formirati papir, u postupku proizvodnje papira ili naknadno se dodaju dodatci poput punila, keljiva i boja.

Punila su anorganski, najčešće mineralni dodaci koji se dodaju u masu tijekom proizvodnje papira u obliku praškastih bijelih pigmenata poput karbonata (najčešće $CaCO_3$), oksida (najčešće TiO_2) ili silikata (najčešće $Mg_2[SiO_4]$). Čestice punila smještaju se između vlakana i djelomično popunjavaju šupljine u vlaknastoj strukturi papira, a uloga im je višestruka. Punilo utječe na mogućnost povećanja gramature papira, a bez povećanja debljine do koje bi došlo dodavanjem vlakana. Punila doprinose i optičkim svojstvima papira na način da im povećavaju svjetlinu, bjelinu i opacitet. Dodatkom punila pospješuju se i tiskovna svojstva papira na način da postaju podatniji za tisak jer su kompaktniji i površina im je glađa. Veći udio punila među vlakancima utječe na smanjenje otpornosti papira prema kidanju, cijepanju i prskanju. Važno je naglasiti kako dodatak punila utječe na procese starenja papira.

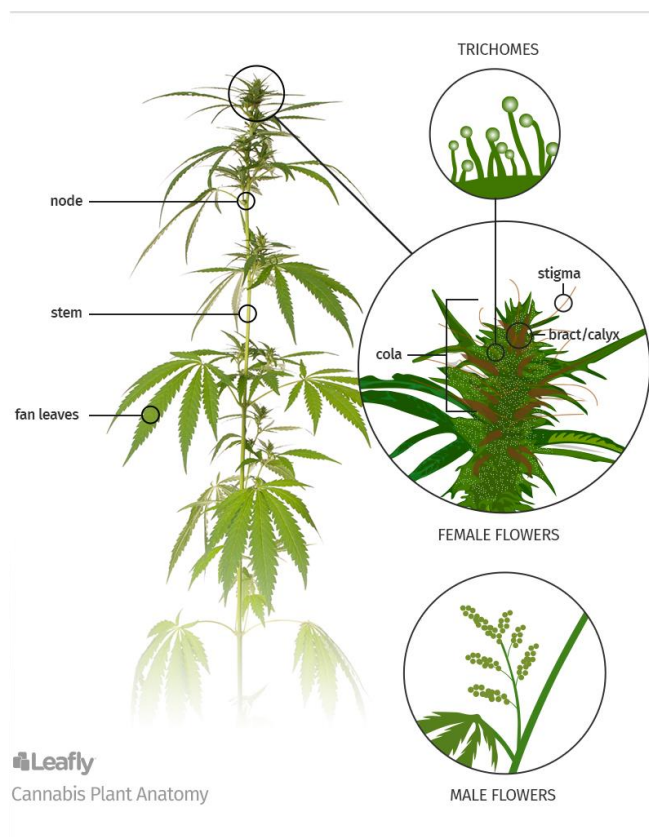
Keljiva su organski dodaci papiru koji se mogu dodavati u masu prilikom proizvodnje ili u obliku tankog površinskog premaza. Mogu biti biljnog, životinjskog ili sintetskog porijekla, a najčešće se koriste biljne smole, škrob, parafin i sl. U odnosu na suhu masu vlakana, keljiva se u papir dodaju do 4%. Ovisno o količini korištenog keljiva papiri se dijele na nekeljene, četvrt-keljene, polu-keljene, tričvrt-keljene i puno keljene papire. Uloga keljiva je homogenizirati strukturu papira te doprinijeti smanjenju upojnosti, a čime se doprinosi i dimenzionalnoj stabilnosti samog papira. Celulozna vlakna su higroskopna (u uvjetima povećane vlažnosti ili u kontaktu s vodom bubre), a bubrenje vlakana u listu papira uzrokuje povećanje dimenzije lista koje je izraženije u poprečnom toku vlakana nego u uzdužnom. Dodavanje keljiva ne može promijeniti higroskopan karakter celuloznih vlakana, ali može utjecati na smanjenje ili sprječavanje kontakta vlakana s vodom (npr. tekućinom za vlaženje).

2.2. Konoplja kao izvor prirodnih vlakana

Od kada postoji ljudska civilizacija, drvo se iskorištava za različite namjene: izradu namještaja, stanovanje, gorivo, izradu raznih alata i ukrasa. Drvo je rasprostranjeno po cijelom svijetu, lako se skladišti i zbog velike dostupnosti ima nisku cijenu na tržištu. Te karakteristike dovele su do značajne sječe šuma, a time i ozbiljno ugrozile njihov opstanak s obzirom da je drvetu, kao obnovljivom izvoru vlakana, za rast potrebno nekoliko desetaka godina. Sve veća eksploatacija šuma primorala je brojne industrije, uključujući i papirnu, na uporabu drugih alternativnih izvora prirodnih vlakana. Jednogodišnje biljke kao što su konoplja, kenaf, lan, pamuk, juta i brojne druge imaju svojstva slična drvetu, te ga lako zamjenjuju u raznim industrijama. No prije upotrebe jednogodišnjih biljaka kao alternativnog izvora vlakana, moramo provjeriti njihova svojstva, mane i prednosti zbog kojih ih želimo koristiti. U proizvodnji papira bitna svojstva vlakana su dužina, promjer, kemijski sastav, gustoća i morfologija vlakna, a na tržištu će prednost imati ona biljka koja ima bolju dostupnost, cijenu i izvedbu. Da bi se jednogodišnje biljke mogle koristiti kao alternativni izvori, potrebno je unaprijediti tehnologiju, uvesti nove tehnike žetve, skladištenja, razdvajanja, prijevoza i rukovođenja vlaknima [2].

2.2.1. Povijest konoplje

Konoplja, lat. *Cannabis sativa*, jednogodišnja je biljka iz porodice dudova (*Moraceae*) [3]. Konoplja je dvodomna biljka, odnosno razlikujemo muške i ženske jedinke biljke (slika 1).



Slika 1. Anatomija biljke [4]

(izvor: <http://ba.hydro4greenlife.com/info/cannabis-anatomy-the-parts-of-the-plant-39421915.html>)

Ženska jedinka biljke (*Cannabis indica*) poznatija još pod nazivom indijska konoplja koristi se u lijekovite svrhe ili za uživanje, dok se muška jedinka biljke (*Cannabis sativa* L.) poznatija pod nazivom industrijska konoplja uvelike koristi u industriji [5]. Konopljina vlakanca su duga, te su najstarija korištena vlakanca diljem svijeta. Još od davnina koristi se za izradu papira, prehranu, izradu obuće i tekstila, kao građevinski materijal te najviše u medicinske svrhe. Tisućama godina čovječanstvu služi u razne svrhe, a o njoj su pisali mnogi liječnici i povjesničari. U vremenu kada je bila jedna od najvećih poljoprivrednih kultura uzgajanih u svijetu, od oko 2000. godina prije nove ere, pa sve do 1889. godine, globalno je

rasprostranjena i visoko rangirana kao medicinski lijek [6]. Sve do prve polovice 20. stoljeća u Sjedinjenim Američkim Državama konopljom je bilo čak poželjno plaćati porez, a tijekom drugog svjetskog rata vodila se i kampanja „hemp for victory“ koja je imala zadaću poticati poljoprivrednike na sadnju konoplje za potrebe ratovanja (korištena za užad u mornarici). Međutim, nakon što je 1948. godine konoplja deklarirana kao narkotik, njen uzgoj postaje ograničen i u znatnom je padu.

2.2.2. Uzgoj i uporaba konoplje

Ovisno o svojoj namjeni, konoplju dijelimo u medicinske konoplje i industrijske konoplje. Industrijske (slika 2) su one konoplje koje u sebi imaju sadržaj tetrahidrokanabinola (THC-a) manji od 0,2%. Na našim prostorima ova biljka može narasti do čak 4 metra, a njezino korijenje može prodrijeti do 140 cm dubine [7].



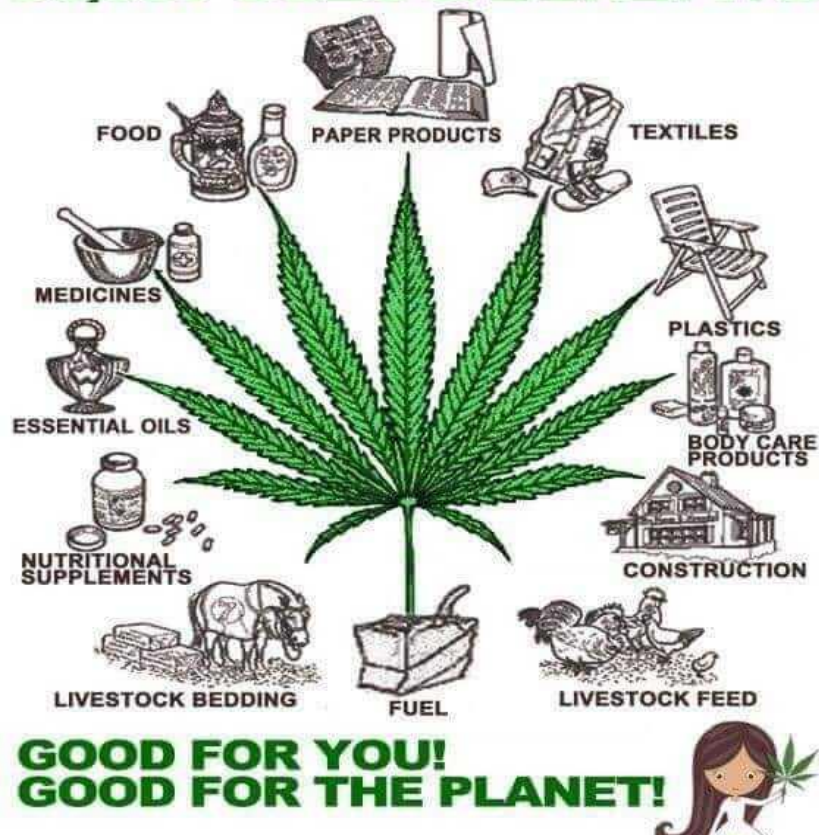
Slika 2. Polje industrijske konoplje [8]

(izvor: <http://www.kastela.org/novosti/hr/39977-proizvodacima-industrijske-konoplje-olaksan-uzgoj-i-omoguceno-koristenje-cijele-biljke>)

Uspijeva gotovo u svim uvjetima, izuzev pustinjskih područja i visokih planinskih područja, a kako je otporna na štetočine u proizvodnji industrijske konoplje ne primjenjuju se štetni herbicidi. Vrijeme potrebno za uzgoj biljke je od 108 do 120 dana pri čemu svi klimatski uvjeti trebaju ostati stabilni [9]. Nijedna druga biljka nema toliko široku primjenu kao konoplja (slika 3). Ulje industrijske konoplje radi se od njenog sjemenja, a koristi se za prehranu, kozmetiku, gorivo, boje, plastiku lubrikante i odstranjivače.

HEMP

50,000 USES & BENEFITS



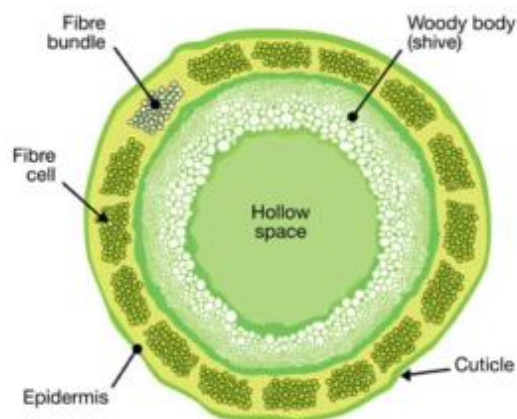
Slika 3. Primjena konoplje [10]

(izvor: <https://www.vitahemp.hr/za-sto-se-sve-moze-koristiti-konoplja/>)

Od konopljinih vlakana dobivamo ekološki povoljne proizvode koji lako zamjenjuju fosilne ugljikovodične materijale štetne za okoliš. Na istraživanju alternativnih izvora prirodnih vlakana, koja bi se koristila u proizvodnji celuloze umjesto sintetski i kemijski proizvedene celuloze, radi se još od 1970-ih godina. Prednosti prirodnih konopljinih vlakana nad sintetskim su ekološke karakteristike poput razgradivosti, nisu otrovna, ne sadrže ugljikove dioksidi, zbog čega se drvenasti nerazvlaknjeni konopljini snopići široko koriste u tekstilnoj, papirnoj, pa čak i građevinskoj industriji [11].

2.2.3. Karakteristike vlakanca konoplje

Sve do kraja 19. stoljeća, 75 - 90% papira koji se koristio bio je od vlakanca konoplje. Najiskorišteniji dio biljke je stabljika što je čini najpoznatijim dijelom konoplje. Stabljika biljke se sastoji od više slojeva (slika 4). Izvana se nalazi kora (epidermis), a iznutra su lika vlakna i drvenasta jezgra koja je u strukturi nerazvlaknjenih snopića. Liko je unutarnja strana kore biljke.



Slika 4. Poprečni presjek stabljike konoplje [12]

(izvor: <https://www.hempalta.com/hemp-background/>)

Primarna vlakanca konoplje duža su od vlakana bilo koje druge biljke i iskoristiva su u papirnoj industriji jer papir čine jakim i fleksibilnim. Vlakna kore su dulja od vlakanca jezgre (tablica 1), a koriste se za kompozite, tekstil i konop. U kori se nalazi veći udio celuloze i manje lignina pa je za izradu papira puno značajnija od jezgre u kojoj ima manje celuloze, a veći udio lignina.

Tablica 1. Duljina, promjer i debljina vlakanca konoplje [13]

	KORA	JEZGRA
Duljina (mm)	5 - 40	0,5
Promjer (µm)	25 - 50	22
Debljina (µm)	10 - 25	1,4

Liko vlakna konoplji daju čvrstoću i omogućuju uspravnost biljke. Mogu se protezati cijelom dužinom stabljike, okružuju ju i najsnažnija su prirodna vlakna, te su zbog toga velika prednost konoplje kao sirovine. Papir nastao od konoplje može se više puta reciklirati i zahtjeva puno manje kemikalija koje se koriste kod izrade nego papir od drvnih vlakana [14].

2.3. Starenje papira

Starenje papira je postupak u kojem papir gubi svoja svojstva i to je nažalost neizbježan proces koji je prvenstveno vezan uz degradaciju celuloze. Kako starenje utječe na karakteristike papira ovisi o njegovom sastavu i to prvenstveno o vrsti celuloznih vlakanaca koja su osnovica svakog papira kao tiskovne podloge. Najčešći čimbenici koji utječu na proces starenja su toplina, svjetlost, vlaga i zrak onečišćen prašinom i raznim štetnim plinovima kao i prisutnost mikroorganizama. Pod njihovim utjecajem papir može požutjeti, blijedjeti ili tamniti odnosno mijenja obojenje [15]. Postoje i brojni unutarnji čimbenici starenja papira. Ovisno o skladištenju papira ovisi hoće li starenje papira biti sporije ili brže. U normalnim uvjetima skladištenja ti procesi su vrlo spori.

Svijetlo kao i toplina oslabljuju papir i potiču štetne kemijske reakcije. Mehanička i kemijska svojstva papira slabe zbog utjecaja topline. Previsoka temperatura uzrokuje sušenje i lomljenje papira i on postaje žut. Zbog higroskopnosti vlakanaca promjene u relativnoj vlažnosti odražavaju se na sadržaj vlage u papiru. Vlaga je zapravo voda u plinovitom stanju. Relativna vlaga ovisi o temperaturi pa se ta dva čimbenika promatraju zajedno. Naime, promjena vlage uzrokuje stres vlakana zbog izmjeničnog bubrenja i stezanja, pa ekstremno nizak postotak vlage uvjetovan skladištenjem u prostorijama s visokim temperaturama (centralno grijanje) može smanjiti gipkost papira i uzrokovati stezanje i lomljenje vlakana. Promjene ubrzavaju razgradnju i vode do vidnijih oštećenja kao što su nabiranje papira ili ljuštenja određenih pigmenata ukoliko je riječ o otisnutom papiru. S druge strane prevelika vlaga uzrokuje bubrenje vlakanaca što dovodi do narušavanja stabilnosti papira.

Već tijekom proizvodnje u papiru su tvari koje ne bi smjele ulaziti u njegov sastav je imaju štetno djelovanje. Takve su tvari npr. klor (koji ostaje u papiru procesom bijeljenja), neki

teški metali, lignin (sastojak stanica drva), alaun. Stoga je vrlo važno spriječiti utjecaj ovih tvari. Kada se govori o uzrocima propadanja papira, kiseline, odnosno tvari koje stvaraju kiseline, na prvome su mjestu. Zbog toga se prije papiri neutarliziraju, a u tu svrhu se koriste hidroksidi kalcija i barija, magnezijev bikarbonat, magnezijev acetat, metoksidi, i dr. Naime, papiri s neutralnom pH vrijednosti usporavaju proces starenja što znači da su izdržljiviji. Dok papiri s visokim ili niskim pH vrijednostima su kraćeg vijeka trajanja. Papir proizveden od primarnih vlakana bit će kvalitetniji od papira koji je proizveden sa recikliranim vlakancima jer sam proces reciklacije utječe na starenje papira [16]. Lignin, celuloza i hemiceluloza se različito razgrađuju, odnosno njihova brzina razgradnje je različita. Najbrže se razgrađuje lignin koji oksidira i prima žuti ton, zatim celuloza koja postaje krta i zbog toga je papir lomljiv.

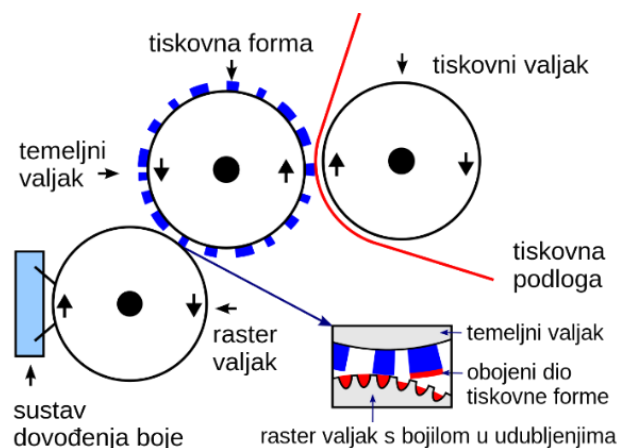
2.3.1. Ubrzano starenje

Umjetno starenje je jedna od metoda za simulaciju starenja papira. No, nedostatak ove metode je da uvjeti u testu umjetnog starenja nisu isti kao oni koji se javljaju tijekom prirodnog starenja. Testovi umjetnog starenja koji se koriste za određivanje trajnosti papira temelje se na izlaganju materijala u klimatskoj komori do ekstremnih uvjeta u smislu temperature i vlažnosti u određenom vremenskom razdoblju, tijekom kojeg se mjere promjene u materijalu. Drugim riječima, koristi se za određivanje dugoročnih učinaka očekivanih razina stresa u kratkom vremenskom razdoblju pri kontroliranim standardnim ispitnim metodama u laboratoriju. Ubrzanim starenjem dobiva se uvid u postojanost materijala odnosno u brzinu njegove degradacije koja bi nastupila prirodnim procesom starenja materijala.

2.4. Fleksotisak

Fleksotisak ili fleksografija je tehnika direktnog visokog tiska (slika 5). Zbog mogućnosti otiskivanja širokoj paleti materijala, ova tehnika tiska primjenjuje se u različitim domenama grafičke proizvodnje. Vrlo je zastupljena tehnika tiska, jer u odnosu na druge tehnike nudi

nižu cijenu i veću brzinu izrade tiskovne forme bez zaostajanja u kvaliteti otiska. Ipak u domeni ambalaže upravo je ova tehnika našla najveću primjenu. Različite vrste plastične ambalaže, valovite ljepenke, etikete, papiri otiskuju se ovom tehnikom tiska.



Slika 5. Princip rada fleksotiska [17]

(izvor: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fleksotisk.svg>)

Sličan je knjigotisku, a glavna razlika je u vrsti tiskovne forme koja je kod fleksotiska elastična, te je potreban manji pritisak da bi se otisak prenio na tiskovnu podlogu. Tiskovna forma izrađuje se od fotoosjetljivog polimernog materijala (slika 6). Ovisno o namjeni debljina tiskovne forme može biti u rasponu od 1,7 mm do 6 mm. Osvjetljavanjem ultraljubičastim svjetlom kroz negativ i naknadnim ispiranjem u vodi ili nekom drugom otapalu dobiva se reljefna tiskovna forma. Tiskovna forma može izdržati velike naklade, jer su guma i fotopolimeri izdržljivi na trošenje, a pritisci kod fleksotiska su vrlo mali u odnosu na druge tehnike tiska. Početkom 21. stoljeća tiskovne forme se proizvode i metodom CtP (computer to plate), to jest izrada uz pomoć lasera bez osvjetljavanja i ispiranja čime se skraćuje vrijeme izrade uz bolju kvalitetu tiskovne forme. Prosječni nanos boje je između 0,8 μm i 1 μm . Uloga aniloksa je jednak nanos bojila na tiskovnu formu [18].



Slika 6. Tiskovna forma u fleksotisku [19]

(izvor: <https://www.klise-kop.hr/hr/usluge-i-proizvodi/izrada-digitalnih-fotopolimernih-klisea-za-flexotisak/>)

2.4.1. *Fleksografske boje*

U svakoj tehnici tiska koriste se tiskarske boje koje su specijalno prilagođene za tu tehniku. Za tisak ambalaže koriste se tri tipa fleksografskih boja: boje temeljene na otapalima, boje temeljene na vodi i UV fleksografske boje [20]. Fleksografske boje su rijetke, tekuće boje male viskoznosti (0.05 - 0.5 Pa s), temeljene na bojilima ili pigmentima, smolama (vezivima) te organskim otapalima i vodi. Prema viskoznosti i svojstvima slične su bojama za bakrotisak. Budući da je flekostisak rotacijski tisak, potrebna je mala viskoznost boja. Zbog niskog viskoziteta fleksografskih boja, moguć je kratki prijenos boje. To pogoduje izradi fleksografskih strojeva koji su jeftiniji od strojeva visokog ili plošnog tiska. Ako se otiskuje na upojnoj podlozi, sušenje je momentalno, a ako se otiskuje na neupojnim materijalima potrebno je dovoditi energiju što usporava brzinu tiska.

Sastav boja na bazi vode djelomično je različit od ostalih fleksotiskarskih boja. Naime, one sadrže akrilnu smolu i emulziju, vodu, malu količinu otapala, tvar za neutralizaciju te pigment i dodatke. Zadnja sastavnica visokokvalitetne fleksografske boje je otapalo. Ispravan izbor kombinacije otapala ovisi o smoli ili smolama, specifikacijama tiskovne podloge, karakteristikama tiskarskog stroja (aniloks, sušna jedinica, uređaj za bojanje), vrsti fotopolimerne ili stereo ploče. Važno je da je ujednačen sadržaj otapala u boji osiguran tijekom cijelog tiska. Neujednačene boje će dati „prljav“ otisak, stvarat će kontraotiske, te mogu uzrokovati nakupljanja boje u ćelijama aniloks valjka [21].

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Metode i plan ispitivanja

Ispitivanja su provedena na tri vrste tržišnog uredskog papira gramature 90 g/m² s različitim udjelom vlaknaca konoplje. Pomoću brzorezača Wohlenberg CUT-TEC 76P svi uzorci papira su rezani na dimenzije 190 mm x 40 mm neposredno prije otiskivanja. Otiskivanje se vršilo ručno, Iroflex 917 fleksografskim bojama u punom tonu proizvođača Sun Chemical, pomoću Esiproof uređaja proizvođača RK print pri standardnim laboratorijskim uvjetima ($T = 23^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} = 50\%$). Pri otiskivanju je korišten aniloks valjak (rastrirani), linijature 40 lin/cm (kut rastriranja 60°) volumena čašica 39,10 cm³/m². Otisnuto je ukupno 12 jednotonskih uzoraka (slika 7).



Slika 7. Otisnuti uzorci

(Autorska slika)

Svi otisnuti i neotisnuti papiri su izrezani na uzorke dimenzija 20 mm x 50 mm te podvrgnuti procesu ubranog starenja. Uzorcima su izmjerene refleksije prije tretmana starenja na temelju čega će biti definirana vremenska stabilnost otisaka. Tretman starenja od dva ciklusa po 48 sati izveden je prema standardu ASTM D 6789-02 u uređaju SunTEST XLS+ koji emitira elektromagnetsko zračenje intenziteta $765 \pm 50 \text{ W/m}^2$ u intervalu od 290 do 800 nm, pri laboratorijskim uvjetima ($T = 24,8^{\circ}\text{C}$ i $\text{RH} = 54,7\%$). Promjene površinskih svojstava svih ispitane su mjerenjem spektra u vidljivom dijelu elektromagnetskog zračenja u refleksiji,

te uspoređene s izmjerenim na uzorcima prije tretmana starenja. Spektrofotometrom SpectroEye (pri uvjetima: standardno osvjetljenje D50, status E i kut promatranja od 2°) za sve uzorke izmjerene su refleksije svih uzoraka u vidljivom dijelu spektra svakih 10 nm (u rasponu od 390 do 700 nm). Svaki uzorak je mjeran na deset različitih mjesta te su dobiveni rezultati mjerenja preneseni u program Microsoft Excel u kojem je izvršena statistička obrada eksperimentalnih podataka te su srednje vrijednosti mjerenja korištene za grafički prikaz. Za sve ispitivane uzorke grafički su prikazane refleksije, promjene refleksija kroz oba perioda tretmana starenja (nakon 48 sati i 96 sati zračenja). Grafički su prikazane razlike refleksija nestarenih i starenih uzoraka za oba perioda izlaganja elektromagnetskom zračenju. Razlike refleksija (ΔR) su izračunate prema formuli:

$$\Delta R = R_{\text{nestareni uzorak}} - R_{\text{stareni uzorak}}$$

3.2. Materijali

Ispitivanja su provedena na tri vrste tržišnog uredskog papira s različitim udjelom vlakana konoplje. U nastavku uzorci će biti označeni kao:

- HN** – ručno rađeni papir od konopljinih vlakana sa 100% konoplje (nebijeljeni),
- HB** – ručno rađeni papir od konopljinih vlakana sa 100% konoplje (bijeljeni) i
- 25HI** – strojno rađeni papir od konopljinih vlakana (25% konoplje, 75% recikliranih vlakana) bijele boje.

3.2.1. Uzorak HN

Ručno rađeni održivi papir sa 100%-tnim udjelom konopljinih vlakana (slika 8), rukotvorina je trgovinskih obrtnika tvrtke Distant Village. Prirodne boje (nepremazan), s prirodno neravnim rubovima, dimenzija 20,32 cm x 27,94 cm i gramature 90 g/m². Riječ je o 100% reciklirajućem, ne bijeljenom papiru kompatibilnom za laserske i inkjet printere. Distant Village, nagrađivana je tvrtka održivog dizajna i proizvodnje, koja je od 2000. godine lider na tržištu održive ambalaže. Tvrtka proizvodi svjetski poznate održive ambalaže i proizvode od prirodnih materijala.



Slika 8. Uzorak HN - Papir od konopljinih vlakana (nebijeljeni) [22]

(izvor: <https://www.etsy.com/listing/114797650/hemp-paper-natural-deckled-edge-85-x-11?ref=related-0>)

3.2.2. Uzorak HB

Papir s neravnim rubovima (slika 9), dimenzija 20,32 cm x 27,94 cm, gramature 90 g/m², sa 100%-tnim udjelom vlakana konoplje, također je rukotvorina tvrtke Distant Village. Papir je 100% prirodan, potpuno reciklirajući, biorazgradiv, te kompatibilan za laserske i inkjet printere.



Slika 9. Uzorak HB - papir od konopljinih vlakana, bijeli [23]

(izvor: <https://www.etsy.com/listing/114798302/?ref=related-3>)

3.2.3. *Uzorak 25HI*

Prirodno bijeli industrijski papir, gramature 90 g/m², dimenzija 20,32 cm x 27,94 cm, sastava 25% vlakanaca konoplje i 75% recikliranih vlakanaca (vlakanca koja su prošla jedan ciklus reciklacije), nebijeljen, arhivske kvalitete, kompatibilan za inkjet i laserske printere (slika 10). Proizveden od strane Green Field Paper Company®. Green Field Paper Company nalazi se u San Diegu i proizvodi bezdrvene papire.



Slika 10. Uzorak 25HI – industrijski papir od konoplje [24]

(izvor: <https://www.greenfieldpaper.com/AWSProducts/558-C-61-P-0/Hemp-HeritageMini-Ream>)

3.3. Korišteni uređaji

3.3.1. *SunTEST XLS+ uređaj za ubrzano starenje*

Za provođenje testa ubrzanog starenja korišten je SunTEST XLS+ uređaj proizvođača ATLAS Material Testing Solutions (slika 11) koji je podešen da emitira elektromagnetsko zračenje intenziteta $765 \pm 50 \text{ W/m}^2$ u intervalu od 290 nm do 800 nm, pri laboratorijskim uvjetima ($T = 24,8^\circ\text{C}$ i $\text{RH} = 54,7\%$). Uređaj je prikladan za izvođenje ispitivanja u laboratorijskim uvjetima. Držalac uzorka nalazi se u donjem dijelu ispitne kabine, dok se u gornjem dijelu nalazi ksenonska žarulja sa zračnim hlađenjem od 1700 W. Starenje uzoraka izvedeno je prema standardu ASTM D 6789-02.

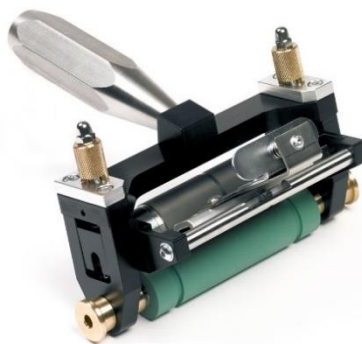


Slika 11. Suntest XLS+ uređaj [25]

(izvor: <https://www.atlas-mts.com/products/standard-instruments/xenon-weathering/suntest/xls>)

3.3.2. Esiproof uređaj

Esiproof uređaj proizvođača RK PrintCoat Instruments Ltd (slika 12) je instrument za izradu visokokvalitetnih fleksotiskarskih otisaka. Tim uređajem moguće je otisnuti sve vrste boja, uključujući i one koje se suše UV zračenjem. Čelični i keramički aniloks valjci su lako zamjenjivi. Mogu se raditi otisci do 1 m dužine i do 70 mm širine. Unaprijed se podešava pritisak između valjaka i lako se čisti nakon otiskivanja.



Slika 12. Esiproof uređaj za otiskivanje [26]

(izvor: <https://www.rkprint.com/products/esiproof/>)

3.3.3. Spektrofotometar

Za mjerenje spektralne refleksije uzoraka korišten je SpectroEye spektrofotometar proizvođača X-Rite (slika 13) koji mjerenja vrši u intervalu valnih duljina od 380 nm do 730 nm. Optička razlučivost uređaja je 10 nm. Mjerenja su vršena pri uvjetima standardnog izvora svjetla D50 i kut promatranja (standardni promatrač) od 2°.



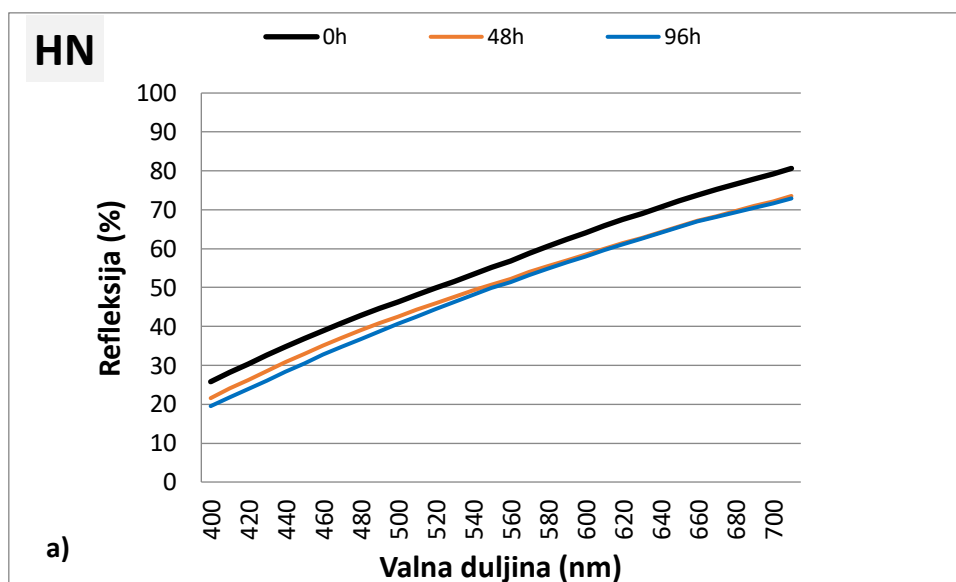
Slika 13. Spektrofotometar X-Rite Spectroeye [27]

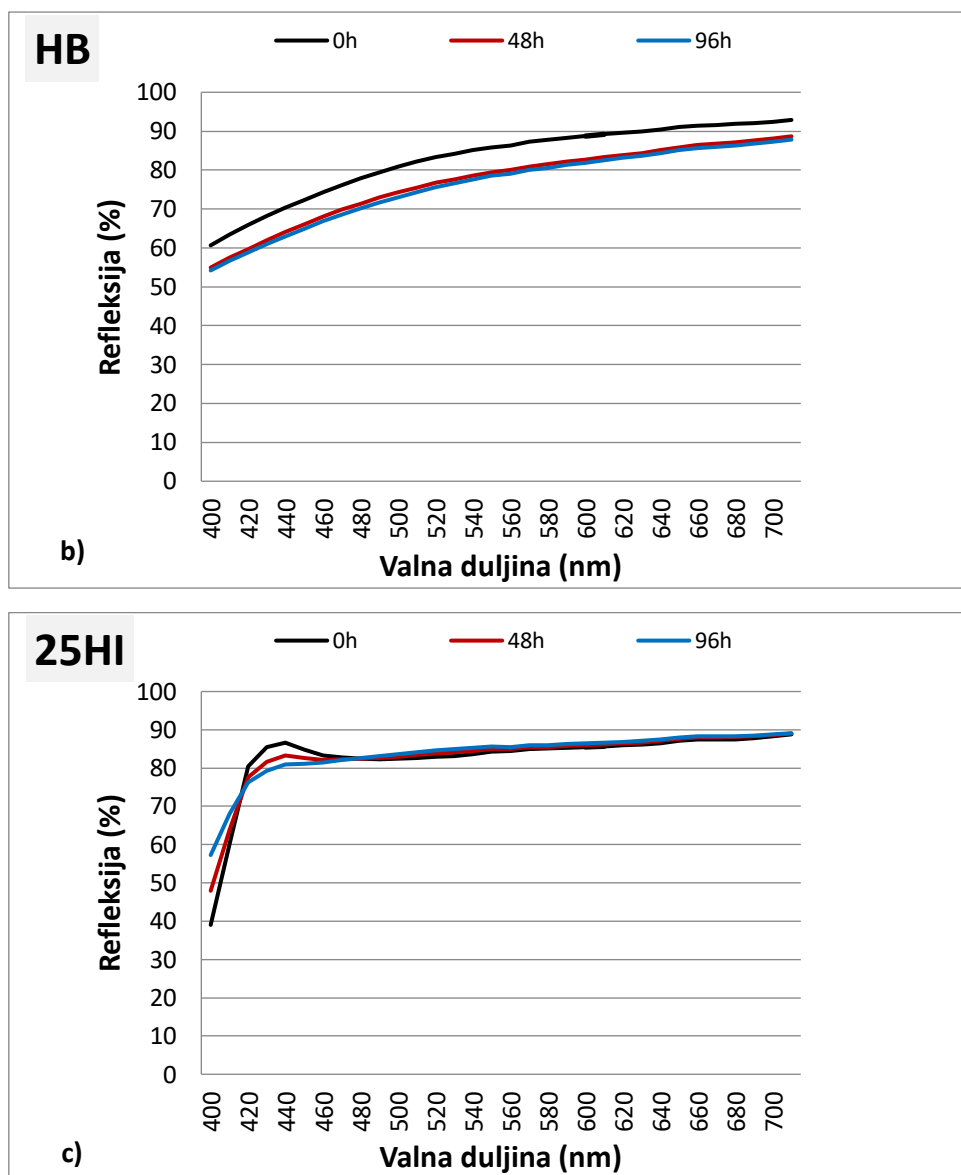
(izvor: <https://www.worldmach.com/printing-machinery/x-rite-gretag-macbeth-spectroeye-spectrophotometer.html>)

4. REZULTATI I RASPRAVA

Za sve ispitivane uzorke tržišnog uredskog papira s različitim udjelom vlakana konoplje, kako neotisnute tako i otisnute, grafički su prikazane krivulje: spektralne refleksije, spektralne refleksije nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u trajanju od 48 h i 96 h te razlike spektralnih refleksija nestarenih i ubrzano starenih uzoraka za oba perioda izlaganja elektromagnetskom zračenju kako bi se utvrdilo koje je vrijeme najkritičnije za promjenu u optičkoj stabilnosti pojedine procesne boje otiska.

4.1. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija tiskovnih podloga



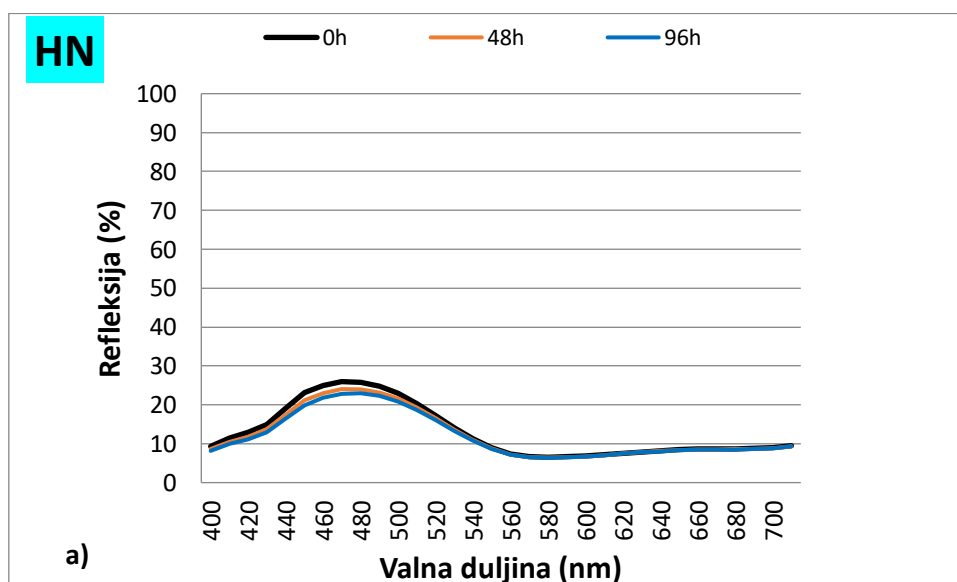


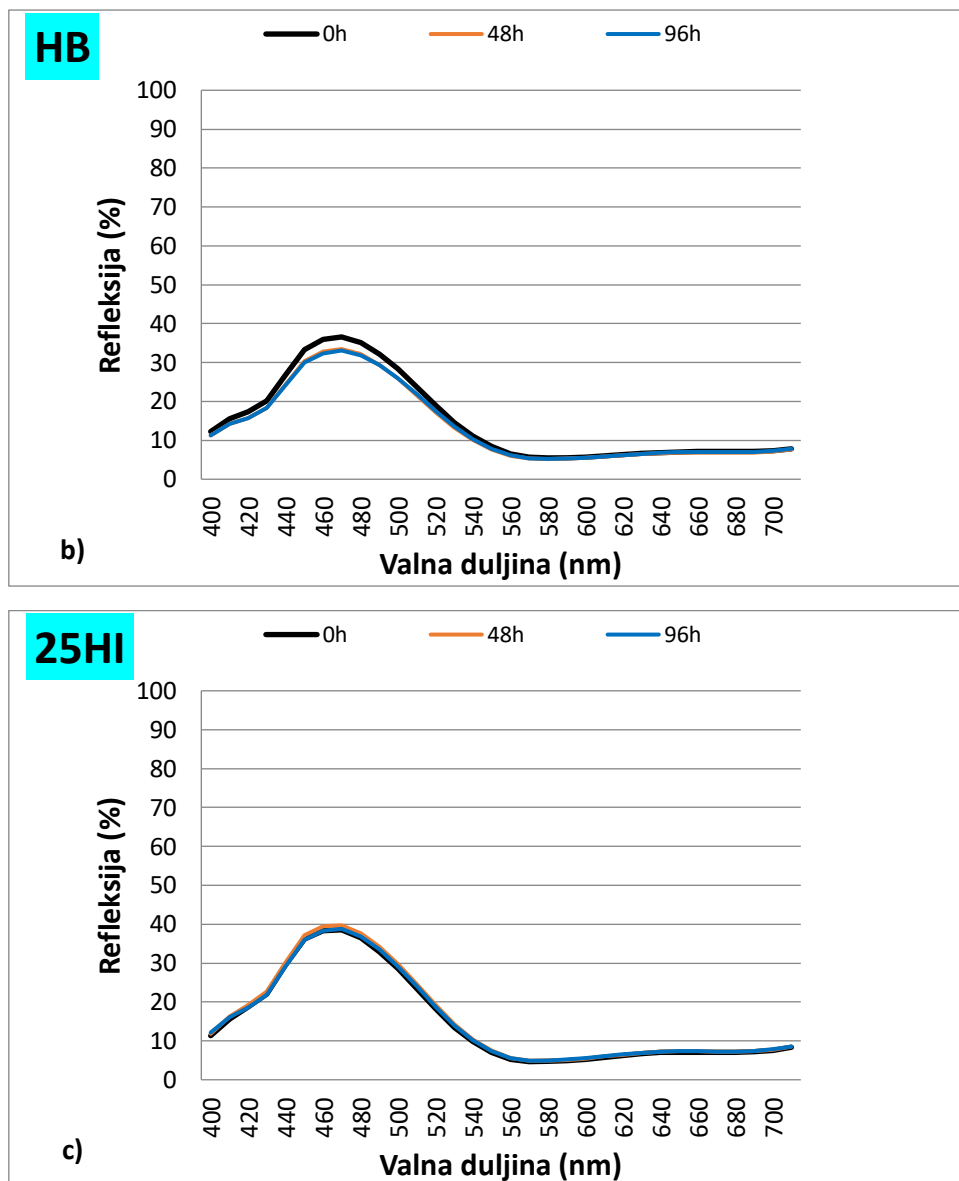
Slika 14 a-c. Krivulje spektralne refleksije papira s vlakancima konoplje (HN, HB i 25HI) prije i nakon ubrzanog starenja

Krivulje spektralnih refleksija prikazane na slici 14 a-c ukazuju kako se papiri koji su u ovom istraživanju korišteni kao tiskovna podloga uvelike razlikuju po sastavu. Naime, krivulje refleksija papira koji u svom sastavu sadrže isključivo primarna vlakanca konoplje oblikom su slične dok je intenzitet refleksije za papir u kojem su vlakanca podvrgnuta procesu bijeljenja (HB) u cijelom vidljivom dijelu spektra veći nego za papir čija vlakanca nisu

bijeljena (HN). Ovakav oblik krivulje karakterističan je za papire rađene od celuloze bez dodataka punila kao primjerice filter papir. Strojno rađeni papir koji u svom sastavu sadrži samo 25% primarnih vlakanca konoplje dok preostalih 75% čine reciklirana vlakanca (25HI) očekivano pokazuje drugačiji oblik krivulje spektralne refleksije. Iz slike 14 c vidljivo je kako taj papir u svom sastavu sadrži veliku količinu punila [28], što je karakteristika uredskih papira, jer pojačano reflektira svjetlost između 420 nm i 480 nm. Starenjem tiskovnih podloga refleksija se već nakon 48 h vidljivo smanjuje za sve tiskovne podloge, dok je daljnje izlaganje elektromagnetskom zračenju rezultiralo neznatnim smanjenjem refleksije. Također je vidljivo kako ubrzano starenje izlaganjem elektromagnetskom zračenju uzrokuje značajnije smanjenje refleksije oba papira sa 100%-tnim udjelom vlakanca konoplje u cijelom vidljivom dijelu spektra. Za papir 25HI vidljivo je kako elektromagnetsko zračenje nije utjecalo na intenzitet refleksije u vidljivom dijelu spektra u rasponu valnih duljina od 480 nm do 700 nm.

4.2. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija cijan otisaka



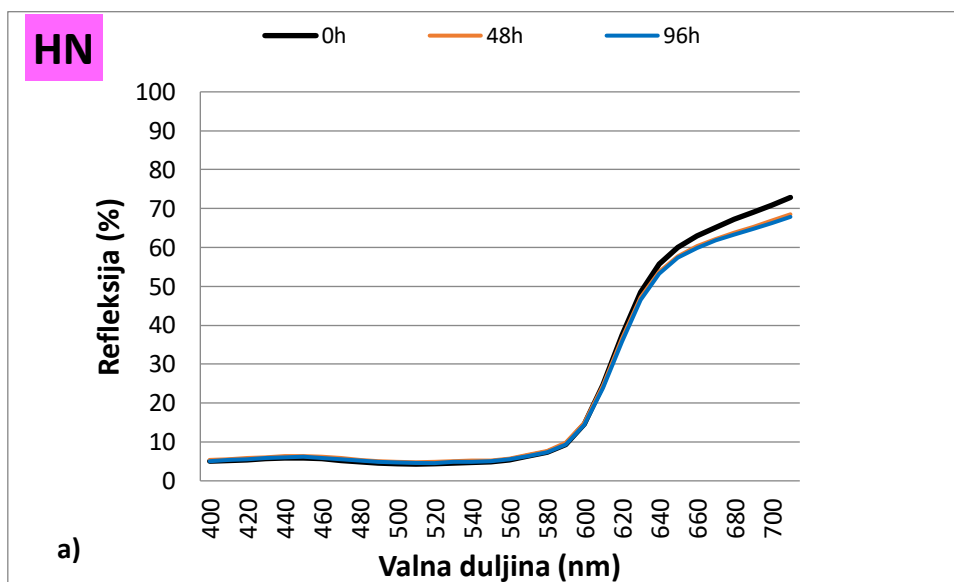


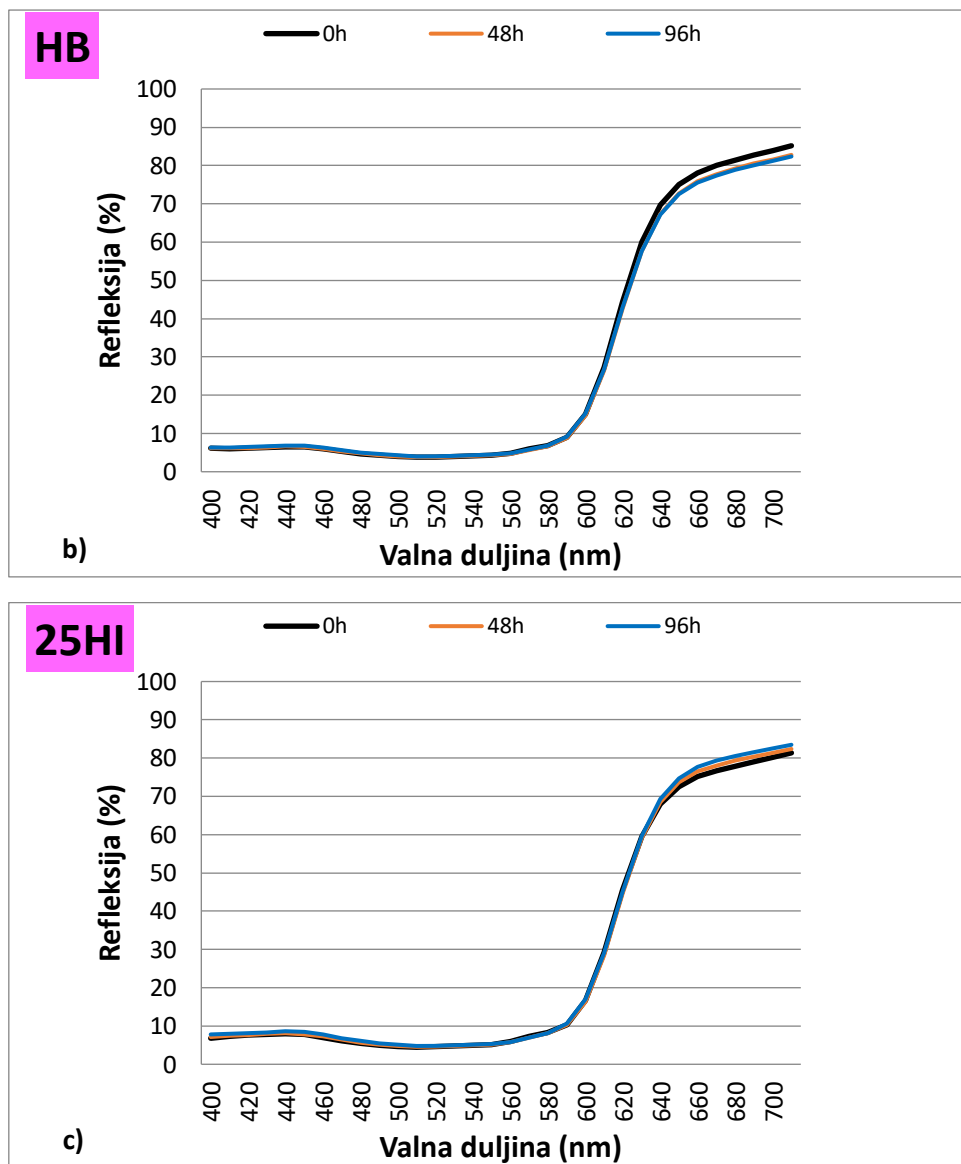
Slika 15 a-c. Krivulje spektralnih refleksija cijan otisaka na papirima s vlakancima konoplje (HN, HB i 25HI) prije i nakon ubrzanog starenja

Na slici 15 a-c vidljivo je kako neovisno o sastavu papira koji je korišten kao tiskovna podloga za otiskivanje cijan flexografskom bojom krivulje spektralne refleksije poprimaju isti oblik. Svi cijan otisci intenzivno reflektiraju u plavom dijelu spektra dok u rasponu valnih duljina od 560 nm do 700 nm dolazi do dominantne selektivne apsorpcije. Maksimalna refleksija je za sve uzorke je na 490 nm te je najniža za cijan otisak na papiru sa 100%-tnim

nebijeljenim vlakancima konoplje u iznosu od 25% dok je za bijeljene papire intenzitet viši (HB = 36 % i 25 HI = 39%). Starenjem cijan otisaka izlaganjem elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 sati, vidljive su promijene samo u plavom dijelu spektra i to za papire sa 100%-tnim udjelom vlakancima konoplje. Daljnje izlaganje tih uzoraka nije rezultiralo značajnim smanjenjem refleksije u odnosu na refleksije izmjerene na uzorcima starenim 48 sati. Kod strojno izrađenog papira 25HI, elektromagnetsko zračenje u oba ciklusa po 48 h nisu rezultirala značajnim promjenama refleksije u cijelom vidljivom dijelu spektra. Može se reći kako su cijan otisci dosta stabilni na elektromagnetsko zračenje u vidu refleksije osobito na strojno rađenom papiru 25HI gdje je udio vlakancima konoplje 25%.

4.3. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija magenta otisaka



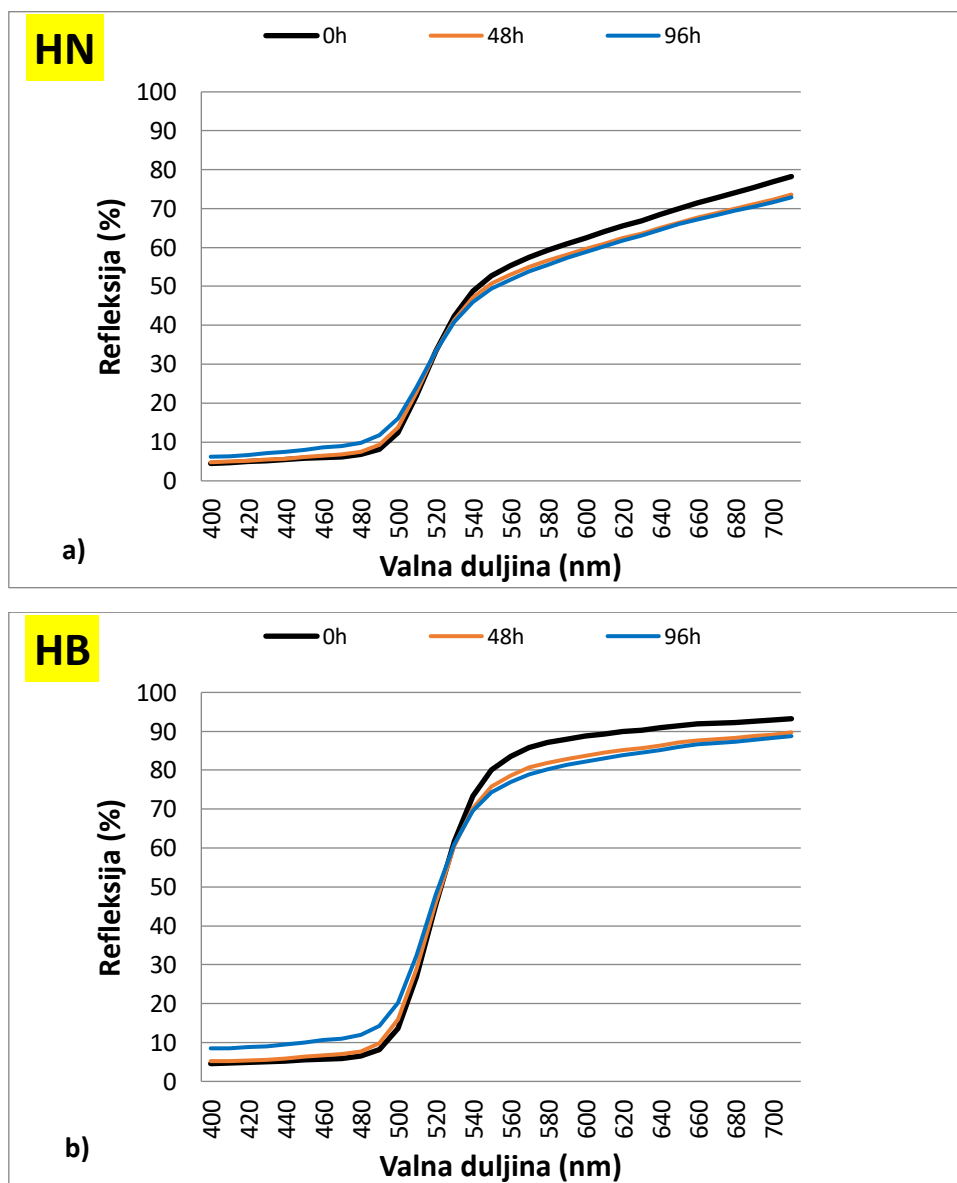


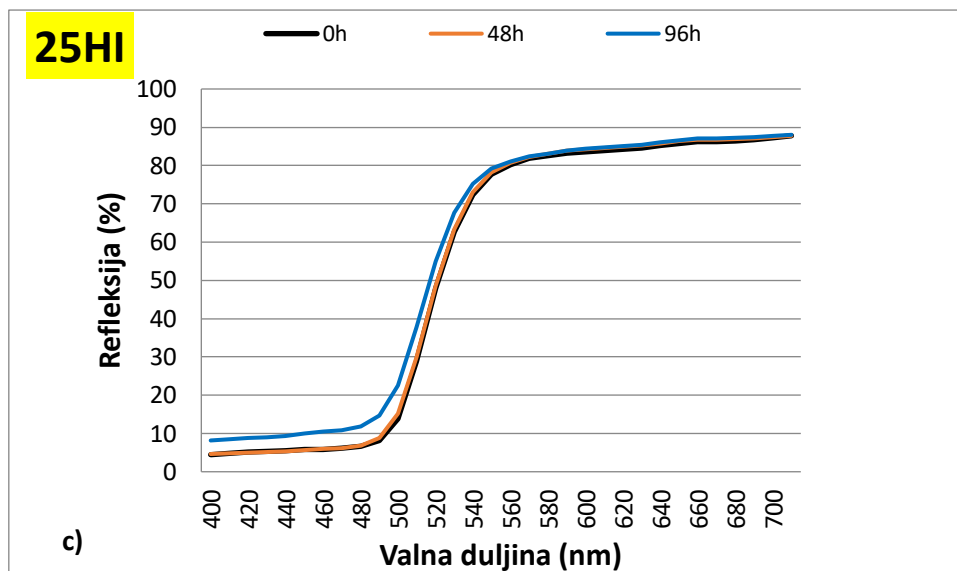
Slika 16 a-c. Krivulje spektralnih refleksija magenta otisaka na papirima s vlakancima konoplje (HN, HB i 25HI) prije i nakon ubrzanog starenja

Iz slike 16 a-c vidljivo je kako magenta otisci neovisno o tiskovnoj podlozi dominantno reflektiraju svjetlost između 580 nm i 700 nm, dok na područjima od 400 nm do 570 nm dolazi do selektivne apsorpcije. Maksimalna refleksija je za sve otiske je na 700 nm i iznosi od 78% za otisak na papiru HN do maksimalnih 89% za otisak na bijeljenom papiru HB. Izlaganje otisaka elektromagnetskom zračenju odražava se na refleksijske krivulje u crvenom

dijelu spektra i to u najvećoj mjeri za magenta otiske na papirima sa 100%-tnim udjelom vlakanaca konoplje (slika 16 a-b). Dok je kao i u slučaju cijan otisaka, magenta otisak na papiru 25HI najstabilniji (slika 16 c).

4.4. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija žutih otisaka

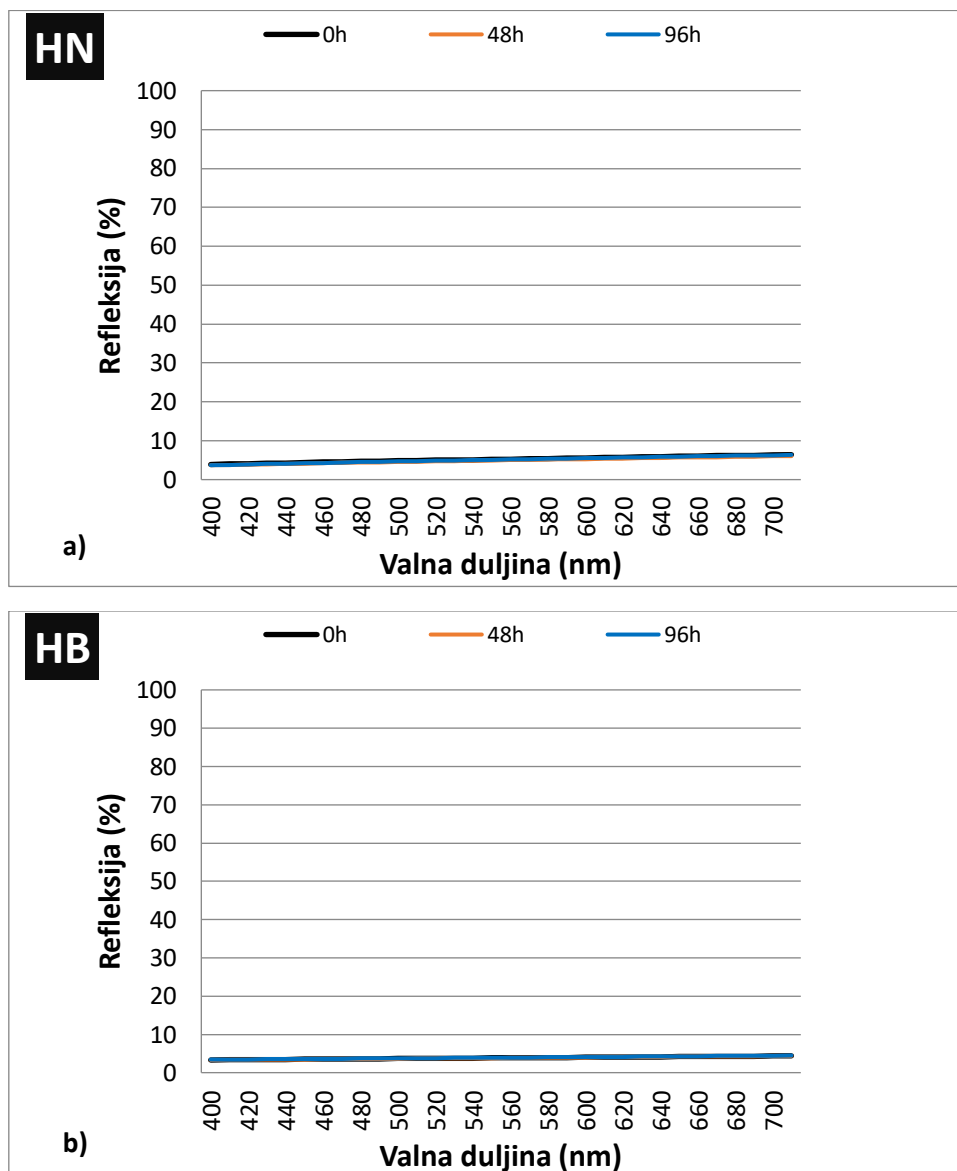


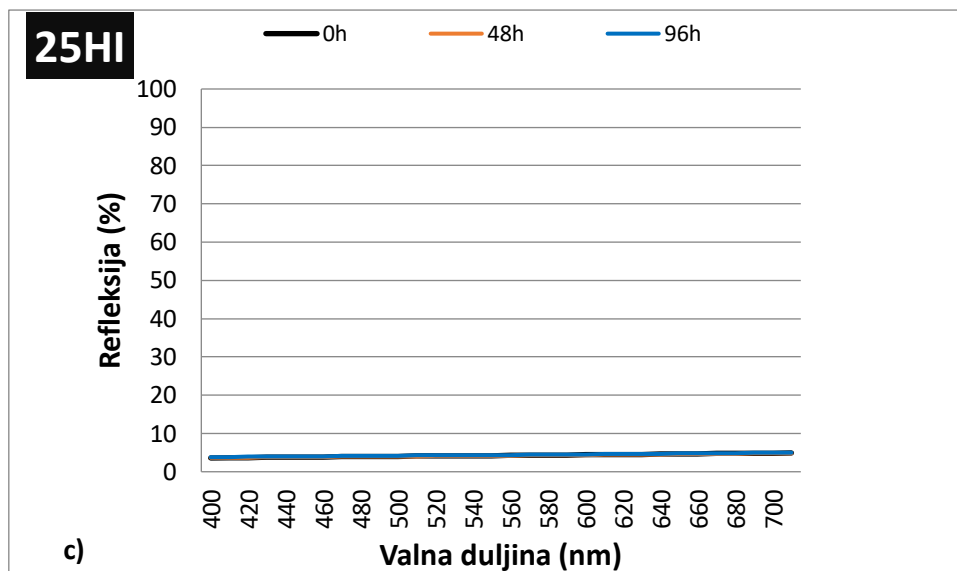


Slika 17 a-c. Krivulje spektralnih refleksija žutih otisaka na papirima s vlakancima konoplje (HN, HB i 25HI) prije i nakon ubrzanog starenja

Refleksije spektrofotometrijskih krivulja prikazane na slici, slike 17 a-c ukazuju kako žuti otisci neovisno o tiskovnoj podlozi dominantno reflektiraju svjetlost između 490 nm i 700 nm, dok na područjima 400 nm - 480 nm dolazi do selektivne apsorpcije. Uočeno je da na žutim otiscima, otisnutim na svim analiziranim tiskovnim podlogama, izlaganjem elektromagnetskom zračenju u oba perioda (48 h i 96 h) dolazi do promjene refleksije u cijelom vidljivom dijelu spektra. Promjene refleksije uzrokovane starenjem na žutim otiscima izražene su u svim područjima vidljivog dijela spektra izuzev u području zelene (490 nm – 570 nm) boje.

4.5. Rezultati mjerenja spektralnih refleksija crnih otisaka



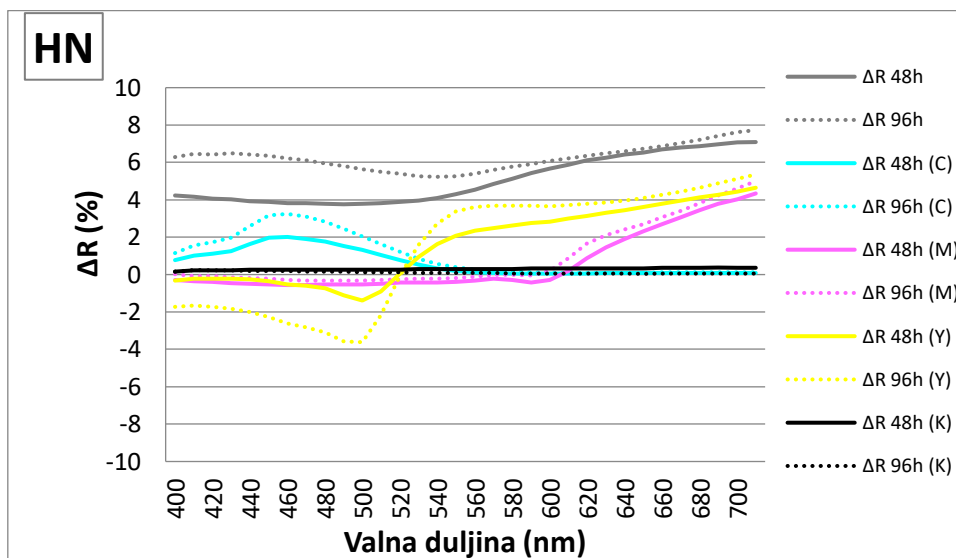


Slika 18 a-c. Krivulje spektralnih refleksija crnih otisaka na papirima s vlakancima konoplje (HN, HB i 25HI) prije i nakon ubrzanog starenja

Crni otisci neovisno o sastavu tiskovne podloge imaju veliki faktor apsorpcije za sve valne duljine te mali faktor refleksije u rasponu intenziteta od 3 do 6%, što je vidljivo na slici 18 a-c. Izlaganje crnih otisaka elektromagnetskom zračenju gotovo nema nikakvog utjecaja na refleksiju bez obzira na analizirano vrijeme izlaganja (48h i 96h).

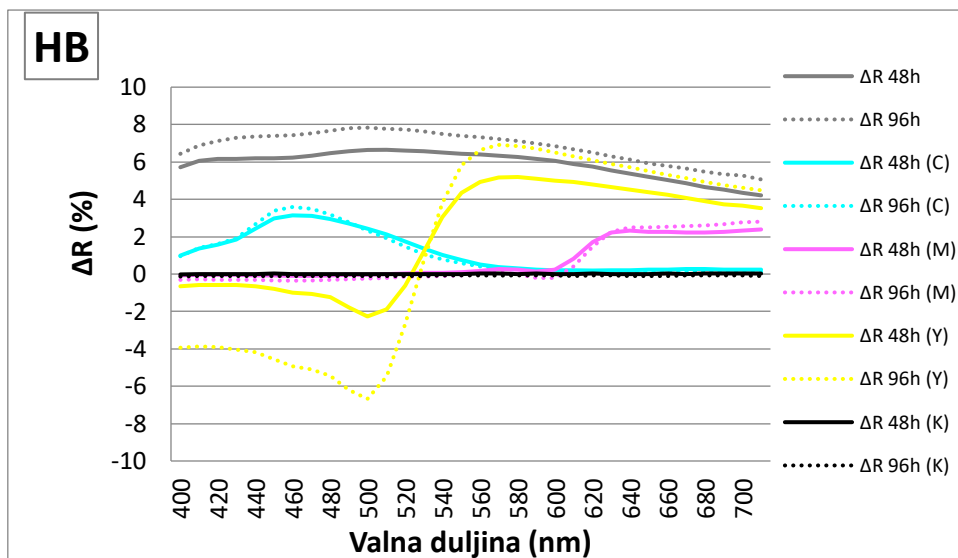
Radi boljeg uvida u djelovanje elektromagnetskog zračenja iz rezultata spektralnih refleksija uzoraka tiskovnih podloga i otisaka prije i nakon ubrzanog starenja za oba perioda izlaganja zračenju izračunate su razlike spektralnih refleksija (ΔR) te su grafički prikazane su na slikama 19-21.

4.6. Razlike spektralnih refleksija nestarenih i starenih uzoraka



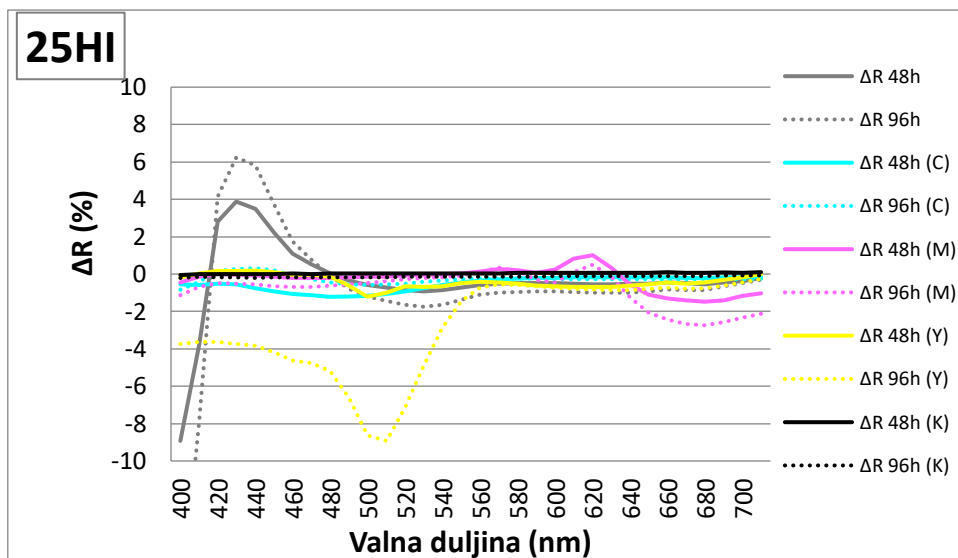
Slika 19. Razlika spektralnih refleksija (ΔR) nestarenih i starenih uzoraka HN tiskovne podloge i na njoj otisnutih procesnih fleksografskih boja

Iz krivulja razlika refleksija nestarenih i starenih uzoraka prikazanih na slici 19 vidljivo je kako neotisnuta tiskovna podloga HN podliježe najvećim promjenama refleksije uslijed izlaganja elektromagnetskom zračenju u iznosu od 3,9% do 7,9% kroz cijeli vidljivi dio spektra. Također je vidljivo kako vrijeme izlaganja značajno utječe na refleksiju tiskovne podloge te se refleksija smanjuje s povećanjem vremena izlaganja. S druge strane ostici su daleko manje podložni promjenama refleksije od samne podloge na kojoj su otisnuti. Vidljivo je kako na refleksiju crnih otisaka ubrzano starenje kao i period izlaganja elektromagnetskom zračenju nema nikakvog utjecaja. Ostali otisci pokazuju promjenu refleksije s tretmanom starenja te što je taj tretman duži vidljivo je veće smanjenje refleksije i to u području u kojoj određena boja reflektira (cijan u plavom dijelu spektra, magenta u crvenom dijelu) izuzev žutih otisaka koji pokazuju promjene refleksije u cijelom vidljivom dijelu spektra. Vidljivo je kako upravo žuti otisci doživljavaju najveće promjene refleksije uslijed ubrzanog starenja za oba perioda izlaganja zračenju.



Slika 20. Razlika spektralnih refleksija (ΔR) nestarenih i starenih uzoraka HB tiskovne podloge i na njoj otisnutih procesnih fleksografskih boja

S obzirom da je udio vlaknaca konoplje kao i proces proizvodnje tiskovne podloge HB identičan kao i podloge HN (izuzev što su vlaknaca konoplje u podlozi HB podvrgnuta procesu bijeljena) iz slike 20 vidljivo je kako su oblici krivulja razlika refleksija za navedene podloge slični ali su ipak po intenzitetu različiti. Naime, vidljivo je kako bijeljena tiskovna podloga HB uslijed izlaganja elektromagnetskom zračenju podliježe najvećim promjenama refleksije u iznosu od 4,2% do 7,9% kroz cijeli vidljivi dio spektra. Uočeno je kako i na bijeljenu tiskovnu podlogu značajno utječe vrijeme izlaganja značajno te se ΔR podloge povećava kako se i vrijeme izlaganja elektromagnetskom zračenju povećava. Svi otisci su stabilniji na elektromagnetsko zračenje od same podloge. Crni otisci su bez promjena u spektralnim refleksijama, dok ostali otisci doživljavaju promjenu u refleksiji uslijed ubrzanog starenja, posebice žuti otisci i do 6,5% nakon 96 h starenja.



Slika 21. Razlika spektralnih refleksija (ΔR) nestarenih i starenih uzoraka 25HI tiskovne podloge i na njoj otisnutih procesnih fleksografskih boja

Na slici 21. vidljivo je da strojno izrađena tiskovna podloga 25HI, koja u znatno većoj mjeri sadrži reciklirana vlakanca nego primarna vlakanca konopljinine ali i veliku količinu punila, pokazuje veću stabilnost na elektromagnetsko zračenje nego ručno izrađeni papiri sa 100%-tnim udjelom vlakanca konoplje. Jedine razlike refleksije za tiskovnu podlogu 25HI uslijed ubrzanog starenja uočene su u plavom dijelu spektra te dosežu svoj maksimum od 6% na 430nm. Otisci na ovoj podlozi su također puno stabilniji nego otisci na ručno rađenim papirima i to za oba perioda izlaganja elektromagnetskom zračenju. Jedini značajan utjecaj elektromagnetskog zračenja je nakon 96 h izlaganja uočen na refleksiju žutih otisaka i to u plavom i zelenom dijelu spektra.

5. ZAKLJUČAK

Cilj svakog procesa otiskivanja je ostvarivanje što kvalitetnije reprodukcije s minimalnim devijacijama tijekom određenog vremenskog perioda. U istraživanju provedenom u okviru ovog rada cilj je bio procijeniti uporabljivost tiskovnih podloga s vlakancima konoplje za otiskivanje dugoročnih otisaka. Stabilnosti fleksografskih otiska na takvim tiskovnim podlogama izlaganjem elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h i 96 h definirana je na temelju rezultata refleksije. Uočeno je kako tiskovna podloga ima značajan utjecaj na stabilnost otisaka prilikom izlaganja elektromagnetskom zračenju. Naime, što je sama tiskovna podloga manje podložna utjecaju elektromagnetskog zračenja to će i otisci na njoj biti stabilniji. S obzirom da je papir kao najviše korištena tiskovna podloga u tiskarstvu podložan mnogim degradacijskim promjenama vrlo je važno odabrati odgovarajuću tiskovnu podlogu za otiskivanje trajnijih otisaka.

Prema pregledu krivulja spektralne refleksije svih uzoraka može se zaključiti slijedeće:

- s povećavanjem vremena izlaganja tiskovnih podloga i otisaka elektromagnetskom zračenju njihova refleksija se generalno smanjuje,
- prirodno bijeli industrijski papir sa 25% vlakanaca konoplje daje otiske stabilnije na elektromagnetsko zračenje od ručno rađenih papira sa 100% vlakanaca konoplje,
- crni otisak je najstabilniji na elektromagnetsko zračenje te je za sve tiskovne podloge pokazao približno jednaku stabilnost ($\Delta R < 0,5\%$) i
- žuti otisak na svim tiskovnim podlogama uslijed djelovanja elektromagnetskog zračenja pokazuje najveću degradacijsku promjenu (ΔR do 8,5%).

6. LITERATURA

- [1] Lozo, B. (2014): Nastavni materijali kolegij "Papir", Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
- [2] M. Rowell, R.; A. Young, R.; K. Rowell, J. (1997): "Paper and composites from agro-based resources", Lewis Publishers, BocaRaton
- [3] Mesarš, F. (1971): Grafička enciklopedija, Tehnička knjiga, Zagreb
- [4]<http://ba.hydro4greenlife.com/info/cannabis-anatomy-the-parts-of-the-plant39421915.html>
- [5] <https://www.plantea.com.hr/konoplja/>
- [6] https://eprints.grf.unizg.hr/2473/1/Z691_Malnar_Lahorka.pdf
- [7] <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A1938/datastream/PDF/view>
- [8]<http://www.kastela.org/novosti/hr/39977-proizvodacima-industrijske-konoplje-olaksan-uzgoj-i-omoguceno-koristenje-cijeje-biljke>
- [9] https://eprints.grf.unizg.hr/3013/1/DB801_Malnar_Lahorka.pdf
- [10] <https://www.vitahemp.hr/za-sto-se-sve-moze-koristiti-konoplja/>
- [11] Mehling, R. (2003): Marijuana, Chelsea House Publishers, Philadelphia, SAD
- [12] <https://www.hempalta.com/hemp-background/>
- [13] Zule, J.; Černič, M.; Šuštaršić, M. (2012): "Hemp fibers for production of speciality paper and board grades", 39th international annual symposium DITP, Bled, Slovenija
- [14] <https://www.hydrogenlink.com/hempfibers>
- [15] Juranić, S. (2015): "Vrste oštećenja i konzervatorsko-restauratorske metode pri restauriranju umjetnina na prozirnom papiru", Vjesnik bibliotekara Hrvatske, Vol. 58 No. 3/4, pp. 193-214
- Read more at <https://hrcak.srce.hr/156688>
- [16] Area, M.C.; Cheradame, H. (2011): "Paper aging, methods", BioResources, Vol. 6, No. 4, pp. 5307-5337
- Read more at: https://www.researchgate.net/publication/235354060_Paper_aging_and_degradation_Recent_findings_and_research_methods

- [17] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fleksotisak.svg>
- [18] <https://en.wikipedia.org/wiki/Flexography>
- [19] <https://www.klise-kop.hr/hr/usluge-i-proizvodi/izrada-digitalnih-fotopolimernih-klisea-za-flexotisak/>
- [20] Jamnicki-Hanzer, S. (2019): Nastavni materijali kolegij “Boje“, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
- [21] http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_mehanizmi%20susenja%20TB.pdf
- [22] <https://www.etsy.com/listing/114797650/hemp-paper-natural-deckled-edge-85-x-11?ref=related-0>
- [23] <https://www.etsy.com/listing/114798302/?ref=related-3>
- [24] <https://www.greenfieldpaper.com/AWSProducts/558-C-61-P-0/Hemp-HeritageMini-Ream>
- [25] <https://www.atlas-mts.com/products/standard-instruments/xenon-weathering/suntest/xls>
- [26] <https://www.rkprint.com/products/esiproof/>
- [27] <https://www.worldmach.com/printing-machinery/x-rite-gretag-macbeth-spectroeye-spectrophotometer.html>
- [28] Plazonić, I.; Barbarić-Mikočević, Ž.; Bates, I.; Malnar, L. (2016): “Chemical stability of prints made on hemp fibre based papers“, Acta Graphica, 27 (3), p. 25-30
Available at: <http://www.actagraphica.hr/index.php/actagraphica/article/view/4>

7. PRILOZI

Tablica 2. Srednje vrijednosti refleksija tiskovne podloge HN prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

tiskovna podloga HN					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	21,09	16,77	15,39	4,32	5,70
390	23,42	19,14	17,36	4,28	6,06
400	25,78	21,56	19,51	4,22	6,27
410	28,15	24,00	21,71	4,16	6,44
420	30,35	26,29	23,91	4,06	6,44
430	32,61	28,59	26,13	4,02	6,48
440	34,78	30,87	28,37	3,91	6,41
450	36,89	33,01	30,54	3,88	6,36
460	38,96	35,13	32,73	3,83	6,23
470	40,91	37,11	34,80	3,81	6,12
480	42,77	39,00	36,82	3,77	5,96
490	44,59	40,83	38,78	3,76	5,81
500	46,33	42,55	40,68	3,77	5,64
510	48,06	44,24	42,56	3,82	5,51
520	49,86	45,96	44,47	3,90	5,40
530	51,52	47,55	46,25	3,97	5,28
540	53,29	49,20	48,06	4,09	5,23
550	55,09	50,80	49,82	4,28	5,27
560	56,80	52,25	51,39	4,55	5,41
570	58,85	54,00	53,23	4,85	5,62
580	60,62	55,48	54,84	5,13	5,78
590	62,43	57,01	56,50	5,42	5,92
600	64,12	58,46	58,04	5,66	6,08
610	65,83	59,94	59,61	5,88	6,22
620	67,48	61,38	61,11	6,10	6,37
630	69,00	62,75	62,53	6,26	6,48
640	70,66	64,25	64,06	6,41	6,60
650	72,31	65,77	65,59	6,54	6,72
660	73,84	67,15	66,98	6,70	6,86
670	75,16	68,38	68,13	6,79	7,03
680	76,50	69,62	69,30	6,88	7,20
690	77,88	70,90	70,48	6,99	7,40
700	79,27	72,19	71,63	7,08	7,64
710	80,63	73,54	72,90	7,09	7,73

Tablica 3. Srednje vrijednosti refleksija tiskovne podloge HB prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

tiskovna podloga HB					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR96h
380	53,12	48,99	48,60	4,13	4,53
390	57,22	52,18	51,59	5,04	5,63
400	60,64	54,94	54,20	5,70	6,44
410	63,51	57,45	56,63	6,06	6,88
420	65,87	59,72	58,75	6,16	7,12
430	68,18	62,00	60,89	6,18	7,29
440	70,36	64,15	62,99	6,20	7,37
450	72,34	66,14	64,94	6,20	7,40
460	74,34	68,12	66,91	6,22	7,43
470	76,13	69,79	68,59	6,34	7,54
480	77,84	71,38	70,15	6,45	7,68
490	79,46	72,90	71,67	6,57	7,79
500	80,89	74,25	73,05	6,64	7,83
510	82,14	75,49	74,35	6,65	7,78
520	83,35	76,73	75,62	6,62	7,73
530	84,23	77,66	76,62	6,58	7,62
540	85,12	78,62	77,61	6,51	7,51
550	85,88	79,44	78,49	6,44	7,39
560	86,36	79,97	79,04	6,39	7,32
570	87,25	80,91	80,02	6,33	7,23
580	87,73	81,47	80,61	6,25	7,11
590	88,30	82,13	81,31	6,17	6,99
600	88,73	82,68	81,88	6,05	6,85
610	89,19	83,30	82,52	5,89	6,67
620	89,63	83,88	83,13	5,75	6,50
630	89,93	84,37	83,63	5,56	6,31
640	90,45	85,07	84,32	5,38	6,13
650	91,00	85,79	85,08	5,21	5,92
660	91,44	86,40	85,66	5,03	5,78
670	91,64	86,78	86,00	4,86	5,63
680	91,85	87,18	86,38	4,67	5,47
690	92,14	87,62	86,80	4,52	5,33
700	92,47	88,11	87,21	4,36	5,26
710	92,89	88,68	87,83	4,21	5,06

Tablica 4. Srednje vrijednosti refleksija tiskovne podloge 25HI prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

tiskovna podloga 25HI					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	27,32	36,55	47,00	-9,23	-19,68
390	31,89	41,46	51,82	-9,57	-19,93
400	39,03	47,95	57,28	-8,92	-18,25
410	60,17	63,97	68,07	-3,80	-7,90
420	80,44	77,65	76,29	2,79	4,15
430	85,50	81,62	79,26	3,88	6,23
440	86,71	83,22	80,88	3,50	5,83
450	84,86	82,64	81,14	2,22	3,72
460	83,25	82,16	81,52	1,09	1,73
470	82,84	82,34	82,09	0,50	0,75
480	82,44	82,41	82,55	0,03	-0,10
490	82,26	82,62	83,05	-0,35	-0,79
500	82,40	82,98	83,60	-0,58	-1,19
510	82,68	83,41	84,12	-0,73	-1,44
520	82,98	83,83	84,63	-0,85	-1,65
530	83,13	84,07	84,89	-0,94	-1,76
540	83,66	84,52	85,31	-0,87	-1,65
550	84,24	84,97	85,61	-0,73	-1,37
560	84,44	85,02	85,53	-0,57	-1,09
570	84,92	85,44	85,91	-0,52	-0,99
580	85,05	85,53	86,01	-0,48	-0,95
590	85,37	85,86	86,30	-0,49	-0,94
600	85,52	86,01	86,44	-0,49	-0,92
610	85,70	86,20	86,64	-0,50	-0,94
620	85,88	86,43	86,88	-0,55	-1,00
630	86,08	86,62	87,06	-0,54	-0,98
640	86,53	87,06	87,52	-0,53	-0,98
650	87,06	87,56	87,99	-0,50	-0,93
660	87,47	87,92	88,30	-0,45	-0,83
670	87,47	87,97	88,34	-0,49	-0,86
680	87,55	88,08	88,39	-0,54	-0,84
690	87,87	88,34	88,53	-0,46	-0,66
700	88,28	88,65	88,75	-0,37	-0,48
710	88,81	89,01	89,11	-0,20	-0,30

Tablica 5. Srednje vrijednosti refleksija cijan otisaka na tiskovnoj podlozi HN prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

cijan otisci na tiskovnoj podlozi HN					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	6,49	6,10	5,96	0,38	0,53
390	7,48	6,99	6,73	0,49	0,75
400	9,37	8,60	8,22	0,77	1,15
410	11,53	10,51	9,98	1,03	1,56
420	12,90	11,80	11,17	1,10	1,73
430	14,97	13,71	12,98	1,27	1,99
440	19,06	17,43	16,47	1,63	2,59
450	23,08	21,12	19,93	1,96	3,16
460	25,02	23,01	21,77	2,01	3,25
470	25,97	24,05	22,86	1,92	3,11
480	25,79	24,03	22,98	1,76	2,82
490	24,71	23,17	22,27	1,54	2,45
500	22,92	21,59	20,87	1,33	2,05
510	20,39	19,33	18,77	1,06	1,62
520	17,29	16,50	16,08	0,79	1,21
530	14,09	13,56	13,25	0,53	0,84
540	11,32	10,98	10,75	0,34	0,57
550	9,02	8,82	8,64	0,20	0,38
560	7,37	7,26	7,12	0,12	0,25
570	6,65	6,58	6,48	0,08	0,18
580	6,51	6,45	6,37	0,06	0,14
590	6,62	6,55	6,50	0,06	0,11
600	6,81	6,75	6,72	0,06	0,09
610	7,15	7,10	7,07	0,05	0,09
620	7,53	7,47	7,45	0,06	0,08
630	7,86	7,78	7,78	0,07	0,08
640	8,19	8,11	8,09	0,08	0,10
650	8,43	8,35	8,34	0,08	0,10
660	8,61	8,53	8,51	0,08	0,11
670	8,67	8,58	8,54	0,09	0,13
680	8,69	8,59	8,56	0,09	0,13
690	8,76	8,68	8,64	0,08	0,12
700	8,97	8,87	8,86	0,09	0,11
710	9,47	9,36	9,36	0,11	0,11

Tablica 6. Srednje vrijednosti refleksija cijan otisaka na tiskovnoj podlozi HB prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

cijan otisci na tiskovnoj podlozi HB					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR96h
380	7,64	7,20	7,23	0,44	0,41
390	9,30	8,72	8,82	0,58	0,47
400	12,30	11,31	11,34	0,98	0,95
410	15,56	14,20	14,17	1,37	1,39
420	17,36	15,79	15,75	1,57	1,61
430	20,22	18,36	18,30	1,86	1,93
440	26,72	24,28	24,04	2,44	2,68
450	33,35	30,37	29,95	2,98	3,40
460	35,92	32,77	32,33	3,14	3,59
470	36,59	33,46	33,10	3,12	3,49
480	35,08	32,14	31,91	2,94	3,17
490	32,16	29,45	29,39	2,71	2,77
500	28,34	25,91	25,99	2,43	2,34
510	23,81	21,71	21,91	2,11	1,91
520	18,99	17,26	17,53	1,73	1,46
530	14,60	13,25	13,53	1,36	1,07
540	11,12	10,09	10,33	1,04	0,79
550	8,41	7,65	7,84	0,75	0,57
560	6,53	6,01	6,12	0,52	0,41
570	5,69	5,31	5,39	0,38	0,30
580	5,49	5,19	5,24	0,30	0,24
590	5,53	5,28	5,34	0,25	0,20
600	5,70	5,48	5,54	0,22	0,15
610	6,02	5,83	5,89	0,20	0,14
620	6,36	6,17	6,24	0,19	0,12
630	6,64	6,44	6,51	0,20	0,13
640	6,89	6,68	6,76	0,21	0,13
650	7,06	6,84	6,93	0,22	0,13
660	7,16	6,90	7,01	0,25	0,15
670	7,12	6,86	6,97	0,26	0,15
680	7,09	6,84	6,95	0,26	0,15
690	7,14	6,90	7,01	0,24	0,13
700	7,36	7,14	7,25	0,22	0,11
710	7,88	7,66	7,77	0,23	0,11

Tablica 7. Srednje vrijednosti refleksija cijan otisaka na tiskovnoj podlozi 25HI prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

cijan otisci na tiskovnoj podlozi 25HI					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	7,31	7,47	7,73	0,53	0,53
390	8,53	8,87	9,20	0,75	0,75
400	11,28	11,84	12,12	1,15	1,15
410	15,67	16,27	16,08	1,56	1,56
420	18,69	19,22	18,53	1,73	1,73
430	22,08	22,65	21,81	1,99	1,99
440	29,35	30,11	29,03	2,59	2,59
450	36,20	37,12	35,99	3,16	3,16
460	38,33	39,39	38,39	3,25	3,25
470	38,55	39,69	38,81	3,11	3,11
480	36,46	37,67	36,91	2,82	2,82
490	32,94	34,16	33,51	2,45	2,45
500	28,58	29,75	29,16	2,05	2,05
510	23,55	24,61	24,11	1,62	1,62
520	18,27	19,18	18,77	1,21	1,21
530	13,52	14,27	13,94	0,84	0,84
540	9,80	10,39	10,15	0,57	0,57
550	7,02	7,47	7,31	0,38	0,38
560	5,27	5,60	5,52	0,25	0,25
570	4,66	4,92	4,89	0,18	0,18
580	4,68	4,92	4,92	0,14	0,14
590	4,91	5,12	5,16	0,11	0,11
600	5,27	5,47	5,53	0,09	0,09
610	5,80	5,99	6,07	0,09	0,09
620	6,29	6,47	6,56	0,08	0,08
630	6,67	6,84	6,93	0,08	0,08
640	6,98	7,15	7,25	0,10	0,10
650	7,12	7,31	7,40	0,10	0,10
660	7,13	7,32	7,40	0,11	0,11
670	7,02	7,23	7,29	0,13	0,13
680	7,00	7,20	7,28	0,13	0,13
690	7,14	7,33	7,41	0,12	0,12
700	7,53	7,71	7,79	0,11	0,11
710	8,33	8,48	8,59	0,11	0,11

Tablica 8. Srednje vrijednosti refleksija magenta otisaka na tiskovnoj podlozi HN prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

magenta otisci na tiskovnoj podlozi HN					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	5,37	5,36	5,11	0,01	0,25
390	5,24	5,40	5,15	-0,16	0,09
400	5,13	5,43	5,13	-0,30	0,00
410	5,23	5,58	5,30	-0,35	-0,07
420	5,43	5,82	5,53	-0,38	-0,09
430	5,66	6,10	5,81	-0,45	-0,15
440	5,90	6,39	6,10	-0,49	-0,19
450	5,94	6,45	6,16	-0,51	-0,23
460	5,66	6,21	5,94	-0,55	-0,28
470	5,24	5,80	5,56	-0,56	-0,32
480	4,88	5,42	5,20	-0,54	-0,32
490	4,60	5,13	4,92	-0,53	-0,32
500	4,40	4,92	4,73	-0,51	-0,32
510	4,30	4,78	4,60	-0,48	-0,30
520	4,38	4,82	4,64	-0,44	-0,26
530	4,58	5,00	4,81	-0,42	-0,23
540	4,73	5,14	4,96	-0,41	-0,23
550	4,90	5,29	5,10	-0,39	-0,20
560	5,40	5,71	5,50	-0,31	-0,11
570	6,42	6,66	6,43	-0,23	-0,01
580	7,34	7,63	7,36	-0,29	-0,03
590	9,34	9,75	9,40	-0,42	-0,07
600	14,67	14,97	14,46	-0,30	0,20
610	24,63	24,45	23,74	0,19	0,89
620	37,49	36,61	35,84	0,88	1,65
630	48,57	47,10	46,45	1,46	2,12
640	55,71	53,80	53,29	1,91	2,41
650	60,01	57,71	57,30	2,30	2,70
660	62,96	60,26	59,90	2,70	3,07
670	65,18	62,12	61,75	3,06	3,43
680	67,18	63,74	63,35	3,44	3,83
690	69,08	65,31	64,85	3,77	4,24
700	70,94	66,92	66,33	4,02	4,62
710	72,87	68,53	67,87	4,34	5,00

Tablica 9. Srednje vrijednosti refleksija magenta otisaka na tiskovnoj podlozi HB prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

magenta otisci na tiskovnoj podlozi HB					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	7,00	7,07	7,33	-0,07	-0,33
390	6,48	6,47	6,79	0,01	-0,31
400	6,09	6,15	6,40	-0,06	-0,31
410	6,05	6,07	6,32	-0,02	-0,27
420	6,13	6,15	6,43	-0,03	-0,30
430	6,32	6,35	6,61	-0,03	-0,30
440	6,52	6,59	6,84	-0,08	-0,32
450	6,42	6,49	6,77	-0,07	-0,35
460	5,93	6,02	6,28	-0,09	-0,36
470	5,27	5,37	5,62	-0,10	-0,35
480	4,70	4,77	5,01	-0,08	-0,32
490	4,29	4,34	4,57	-0,05	-0,28
500	4,00	4,03	4,25	-0,04	-0,25
510	3,82	3,83	4,03	-0,02	-0,21
520	3,87	3,84	4,02	0,02	-0,16
530	4,06	4,00	4,18	0,06	-0,12
540	4,20	4,13	4,31	0,06	-0,11
550	4,36	4,27	4,44	0,09	-0,08
560	4,89	4,72	4,88	0,17	0,00
570	5,99	5,71	5,89	0,28	0,11
580	6,90	6,66	6,89	0,23	0,01
590	8,99	8,86	9,20	0,13	-0,21
600	14,97	14,74	15,17	0,23	-0,20
610	27,17	26,36	26,77	0,82	0,40
620	44,36	42,67	42,89	1,69	1,48
630	59,92	57,69	57,68	2,23	2,24
640	69,71	67,40	67,21	2,31	2,50
650	75,02	72,76	72,51	2,26	2,51
660	78,10	75,85	75,56	2,25	2,54
670	80,00	77,77	77,45	2,24	2,55
680	81,47	79,24	78,86	2,22	2,60
690	82,74	80,48	80,06	2,26	2,68
700	83,92	81,61	81,16	2,32	2,76
710	85,17	82,78	82,37	2,39	2,80

Tablica 10. Srednje vrijednosti refleksija magenta otisaka na tiskovnoj podlozi 25HI prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

magenta otisci na tiskovnoj podlozi 25HI					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	7,08	7,96	8,75	-0,88	-1,67
390	6,77	7,38	8,25	-0,61	-1,48
400	6,74	7,19	7,88	-0,45	-1,14
410	7,31	7,45	8,00	-0,15	-0,69
420	7,70	7,71	8,16	-0,01	-0,47
430	7,86	7,89	8,37	-0,03	-0,51
440	8,03	8,10	8,57	-0,08	-0,55
450	7,74	7,88	8,40	-0,14	-0,65
460	7,03	7,23	7,73	-0,19	-0,70
470	6,19	6,40	6,86	-0,21	-0,67
480	5,48	5,67	6,08	-0,19	-0,60
490	4,98	5,15	5,52	-0,18	-0,55
500	4,63	4,79	5,10	-0,16	-0,47
510	4,44	4,57	4,83	-0,12	-0,38
520	4,55	4,61	4,81	-0,06	-0,27
530	4,80	4,82	4,99	-0,02	-0,19
540	4,98	4,99	5,14	-0,01	-0,16
550	5,20	5,18	5,29	0,03	-0,09
560	5,90	5,77	5,79	0,14	0,11
570	7,28	7,01	6,94	0,27	0,34
580	8,26	8,06	8,09	0,20	0,17
590	10,33	10,26	10,63	0,07	-0,31
600	16,64	16,39	17,08	0,24	-0,44
610	29,14	28,33	29,04	0,81	0,10
620	45,56	44,55	45,06	1,01	0,50
630	59,53	59,20	59,68	0,33	-0,15
640	68,01	68,55	69,26	-0,54	-1,25
650	72,58	73,66	74,64	-1,08	-2,06
660	75,20	76,49	77,62	-1,29	-2,42
670	76,68	78,09	79,35	-1,41	-2,67
680	77,83	79,31	80,57	-1,48	-2,74
690	79,00	80,39	81,57	-1,39	-2,57
700	80,14	81,31	82,49	-1,17	-2,34
710	81,35	82,37	83,47	-1,02	-2,12

Tablica 11. Srednje vrijednosti refleksija žutih otisaka na tiskovnoj podlozi HN prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

žuti otisci na tiskovnoj podlozi HN					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	4,34	4,72	5,89	-0,38	-1,55
390	4,30	4,67	6,04	-0,36	-1,73
400	4,47	4,78	6,20	-0,31	-1,73
410	4,72	4,95	6,38	-0,22	-1,66
420	4,96	5,17	6,69	-0,22	-1,74
430	5,22	5,43	7,06	-0,21	-1,84
440	5,49	5,73	7,49	-0,25	-2,00
450	5,75	6,12	8,03	-0,37	-2,28
460	5,97	6,51	8,59	-0,54	-2,62
470	6,21	6,81	9,02	-0,60	-2,82
480	6,73	7,47	9,82	-0,74	-3,09
490	8,10	9,21	11,69	-1,11	-3,59
500	12,37	13,75	15,98	-1,39	-3,62
510	21,86	22,75	24,02	-0,89	-2,16
520	33,29	33,23	33,36	0,06	-0,06
530	42,38	41,44	40,79	0,95	1,60
540	48,72	47,11	45,99	1,61	2,73
550	52,75	50,68	49,37	2,07	3,38
560	55,31	52,97	51,68	2,34	3,63
570	57,54	55,05	53,87	2,49	3,68
580	59,26	56,63	55,58	2,62	3,68
590	60,94	58,19	57,25	2,74	3,68
600	62,44	59,60	58,79	2,84	3,66
610	63,99	60,99	60,29	3,00	3,70
620	65,51	62,36	61,72	3,15	3,79
630	66,93	63,63	63,07	3,30	3,86
640	68,48	65,02	64,52	3,46	3,96
650	70,06	66,43	65,97	3,63	4,09
660	71,52	67,73	67,27	3,79	4,26
670	72,80	68,84	68,36	3,96	4,44
680	74,10	69,98	69,46	4,12	4,64
690	75,44	71,17	70,56	4,28	4,88
700	76,82	72,36	71,68	4,45	5,13
710	78,25	73,61	72,90	4,65	5,35

Tablica 12. Srednje vrijednosti refleksija žutih otisaka na tiskovnoj podlozi HB prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

žuti otisci na tiskovnoj podlozi HB					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	4,73	5,72	8,86	-1,00	-4,14
390	4,58	5,30	8,57	-0,71	-3,99
400	4,56	5,22	8,50	-0,66	-3,94
410	4,68	5,27	8,55	-0,59	-3,88
420	4,86	5,45	8,77	-0,59	-3,92
430	5,05	5,62	9,08	-0,57	-4,03
440	5,26	5,91	9,46	-0,65	-4,19
450	5,52	6,32	10,06	-0,80	-4,54
460	5,73	6,73	10,67	-1,00	-4,94
470	5,93	6,99	11,04	-1,06	-5,11
480	6,50	7,74	11,94	-1,24	-5,44
490	8,12	9,90	14,33	-1,78	-6,21
500	13,57	15,84	20,25	-2,27	-6,68
510	26,95	28,83	32,42	-1,88	-5,47
520	45,31	45,92	47,98	-0,60	-2,66
530	61,62	60,42	60,92	1,20	0,70
540	73,32	70,29	69,53	3,04	3,79
550	80,15	75,80	74,34	4,36	5,82
560	83,56	78,62	76,91	4,94	6,65
570	85,88	80,72	78,97	5,16	6,91
580	87,07	81,88	80,22	5,19	6,85
590	88,05	82,94	81,35	5,11	6,70
600	88,73	83,72	82,24	5,01	6,49
610	89,37	84,45	83,06	4,93	6,31
620	89,91	85,12	83,82	4,79	6,09
630	90,34	85,68	84,45	4,66	5,89
640	90,92	86,40	85,22	4,51	5,70
650	91,50	87,13	85,99	4,36	5,50
660	91,94	87,69	86,62	4,25	5,31
670	92,11	88,03	86,97	4,08	5,13
680	92,27	88,38	87,36	3,89	4,91
690	92,51	88,77	87,74	3,74	4,77
700	92,85	89,20	88,22	3,64	4,62
710	93,24	89,73	88,77	3,51	4,47

Tablica 13. Srednje vrijednosti refleksija žutih otisaka na tiskovnoj podlozi 25HI prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

žuti otisci na tiskovnoj podlozi 25HI					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	4,40	4,78	8,48	-0,38	-4,08
390	4,26	4,61	8,21	-0,35	-3,95
400	4,45	4,64	8,18	-0,19	-3,72
410	4,83	4,79	8,45	0,05	-3,62
420	5,16	4,99	8,78	0,17	-3,62
430	5,32	5,15	9,04	0,17	-3,72
440	5,54	5,36	9,38	0,19	-3,84
450	5,76	5,65	9,93	0,11	-4,17
460	5,89	5,93	10,51	-0,04	-4,62
470	6,08	6,12	10,84	-0,04	-4,75
480	6,61	6,76	11,81	-0,15	-5,19
490	8,14	8,78	14,75	-0,63	-6,60
500	13,92	15,13	22,54	-1,21	-8,62
510	28,88	29,89	37,81	-1,01	-8,93
520	47,88	48,55	55,02	-0,66	-7,14
530	62,70	63,39	67,62	-0,68	-4,91
540	72,38	73,03	75,25	-0,65	-2,88
550	77,77	78,25	79,20	-0,48	-1,44
560	80,26	80,66	80,98	-0,40	-0,72
570	81,83	82,28	82,37	-0,45	-0,54
580	82,55	83,07	83,12	-0,52	-0,57
590	83,22	83,83	83,87	-0,61	-0,65
600	83,61	84,27	84,33	-0,66	-0,72
610	83,95	84,63	84,75	-0,68	-0,80
620	84,31	84,99	85,15	-0,68	-0,83
630	84,62	85,29	85,49	-0,67	-0,87
640	85,17	85,80	86,03	-0,63	-0,86
650	85,81	86,37	86,60	-0,56	-0,79
660	86,28	86,73	87,02	-0,45	-0,73
670	86,30	86,80	87,09	-0,50	-0,79
680	86,45	86,89	87,19	-0,45	-0,74
690	86,80	87,12	87,40	-0,32	-0,61
700	87,21	87,39	87,67	-0,18	-0,46
710	87,78	87,76	88,03	0,01	-0,25

Tablica 14. Srednje vrijednosti refleksija crnih otisaka na tiskovnoj podlozi HN prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

crni otisci na tiskovnoj podlozi HN					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	3,68	3,38	3,40	0,30	0,28
390	3,80	3,60	3,59	0,20	0,22
400	3,88	3,72	3,71	0,16	0,17
410	4,03	3,79	3,78	0,24	0,24
420	4,11	3,88	3,88	0,23	0,23
430	4,22	3,98	4,00	0,23	0,22
440	4,31	4,06	4,11	0,25	0,20
450	4,41	4,14	4,21	0,27	0,20
460	4,51	4,25	4,31	0,26	0,20
470	4,58	4,32	4,41	0,26	0,17
480	4,66	4,39	4,51	0,27	0,15
490	4,74	4,47	4,60	0,26	0,14
500	4,82	4,55	4,69	0,27	0,13
510	4,90	4,62	4,78	0,27	0,12
520	4,98	4,71	4,87	0,27	0,11
530	5,05	4,78	4,96	0,28	0,10
540	5,13	4,85	5,04	0,28	0,09
550	5,21	4,92	5,13	0,29	0,08
560	5,27	4,98	5,20	0,29	0,07
570	5,37	5,07	5,30	0,31	0,08
580	5,44	5,14	5,38	0,30	0,07
590	5,52	5,21	5,46	0,31	0,06
600	5,59	5,28	5,54	0,32	0,06
610	5,68	5,35	5,62	0,33	0,06
620	5,76	5,42	5,70	0,34	0,06
630	5,82	5,48	5,78	0,34	0,05
640	5,91	5,57	5,86	0,34	0,05
650	5,99	5,65	5,95	0,34	0,04
660	6,07	5,72	6,03	0,36	0,05
670	6,13	5,78	6,09	0,35	0,05
680	6,20	5,84	6,15	0,36	0,05
690	6,27	5,89	6,22	0,38	0,05
700	6,34	5,96	6,28	0,37	0,06
710	6,41	6,04	6,36	0,38	0,05

Tablica 15. Srednje vrijednosti refleksija crnih otisaka na tiskovnoj podlozi HB prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

crni otisci na tiskovnoj podlozi HB					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	3,13	3,23	3,33	-0,10	-0,20
390	3,30	3,28	3,42	0,02	-0,12
400	3,30	3,32	3,43	-0,02	-0,13
410	3,34	3,33	3,44	0,01	-0,10
420	3,39	3,38	3,48	0,01	-0,09
430	3,42	3,41	3,52	0,00	-0,10
440	3,46	3,45	3,55	0,01	-0,10
450	3,50	3,48	3,59	0,02	-0,09
460	3,53	3,52	3,62	0,01	-0,09
470	3,56	3,55	3,65	0,01	-0,09
480	3,59	3,59	3,68	0,00	-0,10
490	3,62	3,61	3,72	0,01	-0,10
500	3,66	3,65	3,75	0,01	-0,09
510	3,69	3,68	3,78	0,01	-0,09
520	3,72	3,71	3,82	0,01	-0,09
530	3,75	3,74	3,85	0,01	-0,09
540	3,79	3,78	3,88	0,01	-0,09
550	3,82	3,81	3,91	0,01	-0,09
560	3,85	3,83	3,93	0,02	-0,08
570	3,89	3,88	3,97	0,01	-0,08
580	3,92	3,91	4,00	0,01	-0,08
590	3,96	3,95	4,04	0,02	-0,08
600	3,99	3,98	4,07	0,01	-0,09
610	4,03	4,01	4,11	0,01	-0,09
620	4,06	4,05	4,15	0,02	-0,09
630	4,09	4,08	4,18	0,01	-0,09
640	4,13	4,12	4,23	0,01	-0,09
650	4,18	4,17	4,27	0,01	-0,09
660	4,22	4,20	4,31	0,02	-0,09
670	4,25	4,23	4,33	0,01	-0,09
680	4,28	4,26	4,37	0,02	-0,09
690	4,31	4,30	4,40	0,02	-0,09
700	4,35	4,33	4,43	0,02	-0,08
710	4,40	4,37	4,49	0,03	-0,09

Tablica 16. Srednje vrijednosti refleksija crnih otisaka na tiskovnoj podlozi 25HI prije i nakon izlaganja elektromagnetskom zračenju u periodu od 48 h te 96 h

crni otisci na tiskovnoj podlozi 25HI					
valna duljina	0h	48h	96h	ΔR 48h	ΔR 96h
380	3,52	3,54	3,70	-0,02	-0,20
390	3,53	3,61	3,70	-0,08	-0,12
400	3,60	3,65	3,81	-0,05	-0,13
410	3,68	3,69	3,83	-0,01	-0,10
420	3,71	3,71	3,90	0,00	-0,09
430	3,75	3,76	3,92	-0,01	-0,10
440	3,79	3,79	3,98	0,00	-0,10
450	3,83	3,83	4,01	0,01	-0,09
460	3,88	3,86	4,05	0,02	-0,09
470	3,91	3,91	4,09	0,01	-0,09
480	3,95	3,93	4,12	0,02	-0,10
490	3,99	3,97	4,15	0,02	-0,10
500	4,03	4,01	4,19	0,01	-0,09
510	4,07	4,05	4,23	0,02	-0,09
520	4,11	4,09	4,27	0,02	-0,09
530	4,15	4,12	4,30	0,03	-0,09
540	4,19	4,16	4,34	0,03	-0,09
550	4,23	4,19	4,38	0,04	-0,09
560	4,26	4,22	4,40	0,04	-0,08
570	4,31	4,27	4,45	0,04	-0,08
580	4,35	4,30	4,48	0,06	-0,08
590	4,39	4,34	4,52	0,05	-0,08
600	4,43	4,38	4,55	0,06	-0,09
610	4,48	4,42	4,59	0,06	-0,09
620	4,52	4,46	4,63	0,07	-0,09
630	4,56	4,50	4,67	0,07	-0,09
640	4,62	4,54	4,71	0,07	-0,09
650	4,66	4,59	4,76	0,07	-0,09
660	4,71	4,63	4,80	0,08	-0,09
670	4,74	4,67	4,84	0,08	-0,09
680	4,78	4,70	4,87	0,07	-0,09
690	4,82	4,74	4,90	0,09	-0,09
700	4,87	4,79	4,94	0,08	-0,08
710	4,91	4,83	4,98	0,08	-0,09